

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL  
AGUA RESIDUAL DEL ÁREA DE TEÑIDO DE LA  
EMPRESA HILADOS RICHARD'S S.A.C. PARA SU  
REUTILIZACIÓN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**RAMOS BURGA LARIZA BERENIZ**

**Chiclayo, 27 de Octubre del 2015**

**“PROPUESTA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA  
RESIDUAL DEL ÁREA DE TEÑIDO DE LA EMPRESA  
HILADOS RICHARD’S S.A.C. PARA SU REUTILIZACIÓN”**

**POR:**

**RAMOS BURGA LARIZA BERENIZ**

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR**

---

**M.Sc. Anabelle Zegarra González  
PRESIDENTE**

---

**Ing. Vanessa Castro Delgado  
SECRETARIO**

---

**Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia  
ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dios por darme la fortaleza y valentía de continuar a pesar de las adversidades que he enfrentado a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi padre, Alexzander Ramos Hernández, que me apoyo y confío en mí y en lo que podía lograr, sacrificándose por darme lo mejor mientras estuvo en vida, y por cuidarme y guiarme desde el cielo.

A mi madre, Mariela Burga Sánchez, por todo el esfuerzo y apoyo que he recibido a lo largo de mi vida no sólo universitaria, y por su ayuda en mi formación como persona.

A mi familia y amigos que en momentos difíciles siempre estuvieron apoyándome para no desfallecer en el camino.

A Eduardo del Solar por el apoyo moral en el desarrollo de esta tesis, quien fue el encargado de recordarme cada una de mis metas, cuando había perdido el sentido de mi esfuerzo.

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa Hilados Richard's S.A.C. por permitirme ingresar a su empresa y poder desarrollar mi tesis. Al gerente de la empresa, Sr. Juan Palomino Jiménez, por los consejos brindados.

A mi asesora, Ing. María Luisa Espinoza García Urrutia, por asesorarme en la investigación y por el apoyo que recibí de su parte durante mi carrera universitaria.

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo y a los excelentes docentes, que fueron parte de mi formación académica, y a cuales les debo los conocimientos aplicados en esta investigación

## **PRESENTACIÓN**

En el mundo, diversas empresas de todo tipo de rubro pierden mucho dinero debido al uso ineficiente de sus recursos necesarios para la producción, como la electricidad, el agua, los insumos y las materias primas. Debido a eso y a la preocupación latente por el medio ambiente es que actualmente se está optando por aplicar en la gestión de muchas empresa, procesos y tecnología que ayuden a mejorar el tema de la reutilización de sus recursos, con el fin de generar una mayor producción con el mínimo de materiales, generando menor cantidad de residuos y cuidando al medio ambiente, mediante la disminución de agentes contaminantes.

Es así, que esta investigación pretende solucionar uno de los problemas con los que lidia la empresa textil Hilados Richard's S.A.C, esta empresa que se dedica a la fabricación de lana acrílica, donde se utiliza agua proveniente de la red pública y de pozos, para el proceso de teñido; del cual se elimina efluentes con valores fuera de los estándares permitidos por ley, y sin darle la reutilización debida que ayudaría a ahorrar en costos por consumo de agua.

La realización de dicha propuesta se realizó siguiendo una serie de pasos ordenados y continuos, cumpliendo con los objetivos que se han trazado en el proyecto. El primer objetivo, fue diagnosticar el estado actual del proceso, las características y componentes del agua residual de teñido, para lo cual se realizaron análisis físico – químicos en el laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Agraria de la Molina y en el laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, para analizar la situación de la empresa se utilizó la data histórica que fue proporcionada por la administración de la empresa Hilados Richard's S.A.C.

El segundo objetivo, fue determinar un sistema de tratamiento, que de acuerdo a las características físico – químicas del agua y a la posibilidad de la empresa, sea adecuado para el tratamiento de agua residual de teñido. Para la selección del tratamiento, se elaboró un diagrama de decisiones que se adecue a las necesidades y características con las que cuenta la empresa. Al resultar como tratamiento más adecuado para la empresa, el método de adsorción con zeolita y tezontle, se propuso el diseño de ingeniería para el sistema de tratamiento y reutilización; para lo cual se tuvo en cuenta la cantidad de agua que se tratará diariamente, proyecto con la data histórica el número de partidas y por consiguiente la cantidad de agua que se utilizará en el año 2016.

Y por último, se realizó el análisis de costo – beneficio de la realización de la propuesta de tratamiento y reutilización. Calculando la inversión inicial y los gastos por concepto de operación, se determinó el ahorro mensual que generaría el sistema de tratamiento.

**El Autor.**

## **RESUMEN**

La propuesta de un sistema de tratamiento y reutilización del agua de teñido de la Empresa Textil Hilados Richard's S.A.C., a partir del actual manejo ineficiente de las aguas residuales y su arrojo directo hacia las redes de alcantarillado.

Con la ayuda de un examen físico – químico, se comprobó que los parámetros de salida, como la dureza y los Sólidos Suspendidos, del agua residual están fuera tanto de los Valores Máximos Admisibles para la evacuación de efluentes, como de los estándares para la reutilización dentro del proceso de teñido. La dureza con que sale el agua es de 127,75 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y 994 mg/L de SST.

Teniendo los valores de los parámetros de salida del agua residual, y utilizando un diagrama de decisiones, se escogió el sistema de tratamiento que consta de un tratamiento primario: la sedimentación, que haciendo uso de floculante y coagulante, permite remover los sólidos disueltos en un 70%; obteniendo un valor menor a los 500 mg/L de SST en el agua. Y un tratamiento secundario: la adsorción mediante zeolita, con el cual se reduce los gramos de dureza a 12 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ . Con dichos valores, se podrá reutilizar el 85% del agua residual.

Esta propuesta de sistema resulta rentable, como lo demuestra el estudio de costo – beneficio, se determinó que el beneficio de la propuesta es 5,6 veces mayor que la inversión, con un periodo de recuperación de 2,2 años; y en caso sea financiado el proyecto, el período de recuperación se reduce a 1,7 años.

## **PALABRAS CLAVES**

Teñido, Aguas Residuales, Tratamientos, Reutilización, Tratamiento de aguas residuales, Zeolita, Sedimentación, Adsorción.

## **ABSTRACT**

The proposal for a system of treatment and reuse of dyeing Textile Company Yarn Richard's SAC, from the current inefficient management of wastewater and straight to the sewer courage.

With the help of a physical - chemical, it was found that the output parameters, such as hardness and suspended solids from the wastewater are outside both the maximum allowable values for the discharge of effluents, as standards for reuse in the dyeing process. How hard the water is coming out of 127,75 mg CaCO<sub>3</sub> / L and 994 mg / L TSS.

Given the values of the output parameters of the waste water, and using a decision tree, the treatment system comprising a primary treatment was chosen: sedimentation, making use of flocculant and coagulant, it allows to remove the solids dissolved in a 70%; obtaining a value less than 500 mg / L TSS in the water. And a secondary treatment: adsorption by zeolite, with which the hardness grams reduced to 12 mg CaCO<sub>3</sub> / L. With these values, you can reuse 85% of wastewater. This proposed system is profitable, as evidenced by the study of cost - benefit, we determined that the benefit of the proposal is 5.6 times greater than the investment, with a payback period of 2,2 years; and if the project is financed, the recovery period is reduced to 1,7 years

## **KEY WORDS**

Dyeing, Waste water, Treatments, Reutilization, Treatment of waste water, Zeolite, Sedimentation, adsorption.

## INDICE

CARATULA	i
CARATULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
PRESENTACION	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	
INDICE	vii
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.	18
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.2.1. Conceptos Básicos de la Industria Textil	20
2.2.1.1. Fibras Textiles	20
2.2.1.2. Colorimetría Textil	20
2.2.2.1. Tratamiento de aguas Residuales Industriales	22
III. RESULTADOS	30
3.1. Evaluación de la situación actual de la empresa Hilados Richard's S.A.C. mediante la medición de los parámetros del agua residual del área de Tintorería.	30
3.2. Determinación del sistema de tratamiento para el agua residual del área de Tintorería.	49
3.2.1. Esquematización de la selección de tecnología para el tratamiento del agua residual de teñido.	49
3.3. Diseño del sistema de tratamiento de Aguas Residuales de teñido para su reutilización.	68
3.3.3. Cálculo del consumo de energía eléctrica para el sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.	76
3.4. Análisis costo – beneficio de la propuesta de tratamiento de Aguas Residuales de teñido para su reutilización.	77
IV. CONCLUSIONES	82
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
VI. ANEXOS	85
Anexo 01: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Abril	85
Anexo 2: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación de mes de Abril.	86



Anexo 3: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Abril.	87
Anexo 4: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Abril.	88
Anexo 5: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Abril.	89
Anexo 6: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Abril.	90
Anexo 7: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación Mes de Abril.	91
Anexo 08: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Mayo.	91
Anexo 09: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Mayo.	92
Anexo 10: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Mayo.	93
Anexo 11: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Mayo.	93
Anexo 12: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Mayo.	94
Anexo 13: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Mayo.	95
Anexo 14: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Mayo.	96
Anexo 15: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Mayo.	97
Anexo 16: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación Mes de Mayo.	98
Anexo 17: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Junio.	98
Anexo 18: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Junio.	99

Anexo 19: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Junio.	100
Fuente: Hilados Richard's S.A.C.	100
Anexo 20: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Junio.	101
Anexo 21: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Junio.	102
Anexo 22: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Junio.	103
Anexo 23: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación Mes de Junio.	104
Anexo 24: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Julio.	104
Anexo 25: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Julio.	105
Anexo 26: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Julio.	106
Anexo 27: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Julio.	107
Anexo 28: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Julio.	108
Anexo 29: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Julio.	109
Anexo 30: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Agosto.	110
Anexo 31: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Agosto.	111
Anexo 32: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Agosto.	112
Anexo 33: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Agosto.	113
Anexo 34: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Agosto.	114

Anexo 35: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Agosto.	115
Anexo 36: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Agosto.	115
Anexo 37: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación Mes de Agosto.	116
Anexo 38: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación Mes de Agosto.	117
Anexo 39: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del año 2013.	117
Anexo 40: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del año 2014.	118
Anexo 41: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del año 2015.	118
Anexo 42: Metodología normalizada para el análisis de Sólidos en aguas Residuales.	119
Sólidos Totales secados a 103 – 105 °C	119
Anexo 43: Pronóstico de las partidas de teñido de lana acrílica en el 2016, según el método de variación estacional.	120
Anexo 44: Boleta de pago por Exámenes Físico – químicos en el Laboratorio de la Universidad Agraria de La Molina.	123
Anexo 45. Formato de la Matriz de análisis cualitativo de las características de las alternativas de tratamientos.	124
Anexo 46. Formato de Selección de Tecnología en función de la disponibilidad de espacio en la empresa.	124
Anexo 47. Formato de Selección de Tecnología de tratamiento en función de la temperatura del agua residual a la salida del proceso.	124
Anexo 48. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2016	125
Anexo 49. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2016	125
Anexo 50. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2017	126
Anexo 51. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2017	126
Anexo 52. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2018	127
Anexo 53. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2018	127

Anexo 54. Vista Frontal del Plano de los Módulos del Sistema de Tratamiento del Agua Residual de Teñido.	128
Anexo 55. Vista Superior del Plano de los Módulos del Sistema de Tratamiento del Agua Residual de Teñido.	129
Anexo 56. Cálculo de áreas de las opciones de Sistemas de Tratamientos para el agua residual de teñido.	130

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Especificaciones de la Fibra Acrílica	30
Tabla N° 2. Especificaciones de Madejas de Fibra Acrílica.	30
Tabla N° 3. Número de Husos y Bobinas por máquina en el proceso de Estiraje	32
Tabla N° 4. Diámetros y amarres de madejeras 1,2 y 3	33
Tabla N° 5. Listados de insumos del área de Tintorería.	42
Tabla N° 6. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Tecle	43
Tabla N° 7. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Roper 100 kg	44
Tabla N° 8. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Roper 200 kg	44
Tabla N° 9. Consumo de agua Limpia y Agua Reciclada usada en el proceso de teñido (Abril – Mayo) 2014	45
Tabla N° 10. Resultados de Análisis físico – químicos del agua residual de teñido	47
Tabla N° 11. Resultados de Análisis físico – químicos del agua residual de blanqueado	47
Tabla N° 12. Factores y Variables considerados en el proceso de selección del tratamiento de las aguas residuales de Teñido.	49
Tabla N° 13. Proyección de las partidas de teñido de madejas de lana acrílica 2016 – 2018, en los meses de Enero – Diciembre.	52
Tabla N° 14. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2016 en los meses de Enero – Diciembre.	53
Tabla N° 15. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2017 en los meses de Enero – Diciembre.	53
Tabla N° 16. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2018 en los meses de Enero – Diciembre.	54
Tabla N° 17. Consumo máximo de agua mensual para el proceso de teñido de lana acrílica.	54
Tabla N° 18. Orden de las tecnologías de tratamientos de aguas residuales para la evaluación en la investigación	54
Tabla N° 19. Características físico – químicas de la zeolita natural	55
Tabla N° 20. Selección de Tecnología en función de la disponibilidad de espacio en la empresa.	59
Tabla N° 21. Selección de Tecnología de tratamiento en función de la temperatura del agua residual a la salida del proceso.	60
Tabla N° 22. Valores Máximos Admisibles de las descargas de Aguas Residuales no Domésticas	62
Tabla N° 23. Estándares necesarios para el agua de teñido de lana acrílica.	62
Tabla N° 24. Resultados de la constante aparente de remoción de colorante en (mg/s) a pH de 2, 6 y 8	63
Tabla N° 25. Resultados obtenidos en el tratamiento electroquímico de aguas residuales de teñido.	64
Tabla N° 26. Matriz de análisis cualitativo de las características de las alternativas de tratamientos.	65
Tabla N° 27. Comparación de requerimientos de las opciones de tratamientos de agua residual de teñido.	67
Tabla N° 28. Dimensiones de los tanques de los módulos 1 y 2.	72
Tabla N° 29. Datos de las Bombas	76

Tabla N° 30. Medición de Bombas	76
Tabla N° 31. Gastos de Inversión Intangible.	77
Tabla N° 32. Detalle de gastos de inversión Tangible	77
Tabla N° 33. Detalle de los costos de operación del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.	78
Tabla N° 34. Tabla del Estado de Resultados de la propuesta del Sistema de Tratamiento de aguas residuales de teñido.	78
Tabla N°35. Tabla de Flujo de Caja de la Propuesta de tratamiento de aguas residuales de teñido.	79
Tabla N° 36. Resultados del VAN, TIR y PIR	79
Tabla N° 37. Cálculo de Ahorro de Multa por no cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de emisión de aguas residuales.	80
Tabla N° 38. Cálculo del Costo – Beneficio de la Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Teñido	80
Tabla N° 39. Cálculo de Amortización e Interés anual del crédito	80
Tabla N° 40. Tabla de Flujo de Caja de la Propuesta de tratamiento de aguas residuales de teñido aumentando la amortización anual.	81
Tabla N° 41. Resultados del VANF, TIRF y PIR	81
Tabla N° 42. Cálculo del Costo – Beneficio de la Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Teñido	81

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Diagrama de Flujo del Proceso de Lana Acrílica .....	34
Figura N° 2. Curva de teñido del Drytex.....	36
Figura N° 3. Diagrama de Flujo del Proceso de Teñido de lana .....	40
Figura N° 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Blanqueado de lana .....	41
Figura N° 5. Agua Residual a la salida del proceso. ....	43
Fuente: Hilados Richard's .....	43
Figura N° 6. Consumo de agua Limpia y Agua Reciclada usada en el proceso de teñido (Abril – Mayo) 2014.....	46
Figura N° 7. Comparación de los resultados y los límites Permisibles del agua Residual de Teñido .....	48
Figura N° 8. Comparación de los resultados y los límites Permisibles del agua Residual de Blanqueado .....	48
Figura N° 10. Módulo de Colector Solar.....	57
Figura N° 11. Distribución de los electrodos del sistema de electrocoagulación .....	58
Figura N° 12. Diagrama Esquemático del proceso de ozonificación.....	58
Figura N° 13. Fase 1 de la elección de tecnologías de tratamiento: Disponibilidad del espacio .....	59
Figura N° 14. Fase 2 de la elección de tecnologías de tratamiento: temperatura y pH de salida de agua residual.....	61
Figura N° 15. Fase 3 de la elección de tecnologías de tratamiento: Estándares de vertimiento según Ley y Proceso. ....	65
Figura N° 16. Fase 4 de la elección de tecnologías de tratamiento: Disponibilidad de Recursos y Costo de Implementación.....	67
Figura N° 17. Proceso de Neutralización de agua residual de blanqueado .....	68
Figura N° 18. Diagrama del proceso de sedimentación. ....	69
Fuente: Propia.....	69
Figura N° 19. Diagrama del proceso de adsorción con zeolita. ....	70
Fuente: Propia.....	70
Figura N° 20. Vista Isométrica de los Módulos del Sistema de tratamiento del agua residual de teñido.....	71
Figura N° 21. Válvula antirretorno tipo bola, modelo BALL .....	72
Figura N° 22. Válvula tipo compuerta usada en el montaje entre tuberías .....	73
Figura N° 23. Bomba sumergible de 3 hp para aguas residuales .....	73
Figura N° 24. Distribución del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido y blanqueado de la empresa Hilados Richard's S.A.C. ....	74
Figura N° 25. Plano de la distribución del Sistema de tratamiento en el área de Tintorería .....	75

## I. INTRODUCCIÓN

En la industria textil, las empresas actualmente se preocupan por la disminución de los impactos ambientales debido a las aguas residuales provenientes de los procesos de teñido, por lo cual optan por dos caminos generalmente: en la primera opción se toman medidas en la propia industria en cuanto a su proceso de producción, es decir, la reducción del consumo de agua y como segunda opción se decide depurar las aguas de teñido; de las dos opciones, la de menor inversión es la reducción del consumo del agua, para lo cual se toma como base los procesos de teñido como: el blanqueado, teñido, lavado, jabonado y suavizado. Estos sistemas de cambio de procesos para la mejor utilización del recurso hídrico se están desarrollando en países de Europa y en Estados Unidos.

La empresa Hilados Richard's S.A.C. es una empresa chiclayana, ubicada en el parque industrial de esta ciudad, dedicada al rubro textil, fundada el 01 de abril del 2003 por el Grupo Jiménez, quienes optaron por dedicarse a la producción, elaboración y comercialización de lana acrílica, teniendo actualmente diez años de funcionamiento en la provincia. En esta empresa, para la producción de lana acrílica se utiliza como materia la fibra acrílica, la cual es traída desde la ciudad de Lima. El proceso de producción está conformado por siete etapas para la elaboración de lana cruda y otra etapa de teñido, donde el cliente escoge los colores que desea y que se encuentran a disposición de la empresa.

En el proceso de teñido, los recursos que se utilizan son: agua, colorantes químicos, detergente, suavizantes y blanqueadores, para elevar la temperatura del agua se utiliza vapor, el cual es generado por una caldera. La maquinaria con la que cuenta la empresa para el teñido son tres tinas, dos en forma ropero, una con capacidad de 110 kg y la otra con capacidad de 210 kg de lana cruda, y una tina pozo con capacidad de 110 kg de lana cruda. La empresa en promedio produce al mes de 28 000 a 3 000 kilogramos de lana teñida; utiliza para el teñido 25 litros de agua por cada kilogramo de lana.

Del proceso de teñido se genera aguas residuales, las cuales a su salida del proceso varían sus características con las que entraron al inicio del proceso; las Empresas Textiles deben tener en cuenta: caudal, pH, temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, etc.; en la salida de las aguas residuales. En el caso de la empresa las características físicas que resaltan son el color, que en la entrada es incolora y a la salida adquiere el color del colorante que se ha utilizado, y en ocasiones sale de un tono oscuro, la temperatura también varía debido a que en el proceso se llega a elevar hasta los 90° C y a su salida a la red de alcantarillado sobre pasan los Valores Admisibles de 35 °C como lo establece el Ministerio del Ambiente, y a su vez varia la dureza con la que ingresa el agua al proceso. Cuando se hace blanqueamiento de la lana cruda varía el pH del agua debido a los ácidos que se utilizan para dicho fin.

Las aguas residuales resultantes del proceso de teñido son arrojados a la red pública sin ningún tratamiento previo y sin prever si se está cumpliendo con las normativas nacionales y los límites establecidos para las aguas residuales de teñido, el agua es descargada de las tinas por una tubería y luego es transportada por un canal de concreto hasta la red pública, problema que se debe solucionar para beneficio de la propia empresa y del ambiente que es impactado; por otro lado, tampoco se aprovecha el agua que sale



del proceso lo que provoca que se utilicen grandes cantidades de agua mensual, elevando los costos por consumo de la misma.

Frente a este problema, la investigación plantea una solución que tiene como objetivo principal: Proponer un sistema de Tratamiento del agua residual del área de Tintorería de la empresa de Hilados Richard's S.A.C. para su reutilización, para el cumplimiento de dicho objetivo se plantearon objetivos específicos:

- Evaluar la situación actual de la empresa Hilados Richard's S.A.C. mediante la medición de parámetros del agua residual del área de tintorería.
- Determinar el sistema de tratamiento para el agua residual del área de Tintorería.
- Diseñar el sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido para su reutilización.
- Realizar un análisis costo – beneficio de la propuesta de tratamiento de Aguas Residuales de teñido para su reutilización.

Con esta propuesta se pretende reducir los costos que se vienen generando debido a la falta de un sistema de reutilización, también se busca reducir el consumo de un recurso tan necesario como lo es el agua, y de paso cumplir con los límites máximos permisibles del agua residual de teñido para su evacuación. Además, con la implementación de la propuesta, la empresa empezaría a tomar conciencia de lo importante que es aprovechar los recursos en el resto de procesos de la empresa y del beneficio intangible: prestigio y competitividad dentro del mercado local, puesto que sería vista como una empresa socialmente responsable.

## II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Para la realización de la investigación sea reconocida por la comunidad científica, se ha hecho consulta de artículos científicos que tienen relación con el tema de tratamientos y reutilización de aguas residuales en empresas textiles, el mismo rubro donde será realizado el proyecto.

Gómez (2008) en su investigación *Reutilización de las aguas de la planta de tintorería de hilazas en la industria Calcetines Crystal S.A.* tuvo como objetivo principal analizar la factibilidad técnica y económica de la recirculación de las aguas de los procesos de blanqueo, neutralización y lavado de las tintorerías de telas, hilazas y calcetines. Mediante el estudio de las aguas residuales generadas en la planta de hilazas. Para lo cual se realizaron muestreos del agua vertida en cada uno de las etapas de teñido, se determinó el número de veces que se descarga agua de las máquinas de tintorería en cada uno de los programas de teñido, identificando los productos utilizados en cada etapa del proceso, se analizó física y químicamente los vertimientos para determinar la posibilidad de recirculación. Como resultados se obtuvieron que se puede reutilizar el 21% del total de agua consumida en la planta, y que para la reutilización del agua hay dos alternativas: recoger las aguas de lavado y neutralización del proceso de semiblanqueo en un tanque de agua recuperada para su reutilización en el mismo proceso mezclándola con un 60% de agua de la planta de tratamiento de agua industrial, reduciendo en 40% el volumen de agua a procesar en la planta de tratamiento de agua industrial, por lo cual se obtuvieron ahorros por costos de agua de \$ 28 497 075.

La segunda alternativa, incluye el re-uso de aguas de semiblanqueo y la de lavado de colores claros y medios; y el re-uso de un 40% del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales, lo que reduce en un 48% el agua que se captaría del río para la planta de hilazas, y en 60% el agua que se vierte al alcantarillado, lo que representa una disminución en el pago de tasa retributiva. En términos económicos, el ahorro anual por costos del agua son \$ 64 397 112. Por lo que se concluye que la alternativa más viable para el manejo del agua es la alternativa 2.

López y Amante (2009). *Estudio de viabilidad de la Reutilización de agua y sal.* En este estudio se tuvo como objetivo estudiar la viabilidad técnica del proceso de reutilización, evaluando la calidad de las tinturas con agua decolorada respecto a tinturas de referencia realizadas con agua de red descalcificada; y posteriormente se estudia la viabilidad económica de aplicar este proceso de reutilización a escala industrial. La metodología se basó en el planteamiento de una técnica que garantice la reducción del consumo del agua, para lo cual se hizo un cálculo de período de retorno, en función de la inversión inicial necesaria para poner en práctica dicha solución.

La técnica propuesta fue el tratamiento electroquímico; las aguas de teñido son decoloradas en el reactor electrolítico ECO 75 a una densidad de corriente  $6\text{mA}/\text{cm}^2$ , lo que supone un consumo eléctrico de  $7\text{wh}/\text{L}$ . A esta densidad de corriente se obtiene decoloraciones superiores al 80%. Después del proceso electroquímico el efluente es almacenado en un tanque para su posterior reutilización, seguida de la preparación del agua para entrada al proceso ajustando el pH a 7 y el adicionamiento de los colorantes para la nueva tintura.

Los resultados que se obtuvieron comporta el ahorro medio de un 70% de agua para llevar a cabo las tinturas. Para convertir la reutilización en un proceso cíclico donde se puedan llevar a cabo tinturas sucesivas sin que se vea perjudicada la calidad de estas es necesario el incremento del colorante añadido en un 30% para el azul, un 10% para el magenta y un 20% para hacer tricromías, mientras que no es necesario realizar ningún incremento de colorante amarillo para reutilizar con éxito el agua decolorada.

Zaconeta y Escalera (2010), *Desarrollo de un sistema de Reciclaje de Aguas Residuales Textiles Coloreadas mediante la utilización de un Fotoreactor Solar*. El estudio tuvo como objetivo realizar un sistema de reciclaje para las aguas residuales proveniente de la etapa de adición de colorantes en el proceso de teñido de jeans. Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un sistema a esquema laboratorio, teniendo como propuesta dos tipos de tratamientos: el primero, la foto-degradación por el método Foto- Feton del color, utilizando un foto-reactor tubular; y el segundo, la precipitación/filtración de hierro remanente en las aguas foto-degradadas. La metodología seguida fue: determinación de la concentración de tinte, determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de hierro y la optimización del proceso de fotodegradación.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron que las concentraciones óptimas para fotodegradar los efluentes de la etapa de teñido, son de 35mg/L para  $\text{Fe}^{2+}$  y de 1400 mg/L para el  $\text{H}_2\text{O}_2$ . El pH es crítico para el proceso foto-Feton, siendo indispensable trabajar en pH entre 2,30 a 2,40. Alrededor de 50% de la remoción de los contaminantes sucede en los 10 primeros minutos del proceso, pero se necesita de un tiempo de tratamiento de 2 a 3 horas para poder alcanzar porcentajes altos de reciclaje.

Gutiérrez y et al (2009), en el estudio titulado *Tratamiento electroquímico y reutilización de efluentes de tintura* se propone el tratamiento electroquímico como una etapa previa a la depuración biológica, el cual se tratan los efluentes coloreados. La metodología que se sigue es la optimización del tratamiento electroquímico con efluentes sintéticos de soluciones hidrolizadas del colorante Procion MX-2R de concentración 0.1g/L, una vez establecidas las condiciones del tratamiento, se aplicaron a dos tipos diferentes de aguas residuales provenientes de una tintorería. También se hicieron ensayos de teñido utilizando un valor de relación de 1/10 con la siguiente tricomía: 1% Azul marino Procion H-EXL, 1% Crimson Procion H-EXL, 1% de amarillo Procion H-EXL, y como electrolito: NaCl 80mg/L y como álcali:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  5g/L + NaOH 0,5g/L.

Los resultados en este estudio fueron que el tratamiento electroquímico de baños residuales de tintura por agotamiento usando electrodos de Ti/PtOx proporciona elevados valores de decoloración. Los baños de tintura por agotamiento, una vez decolorados, se pueden reutilizar para nuevos procesos de tintura, lo que implica un importante ahorro de agua del 70%. Después de 4 a 5 ciclos de reutilización, se requiere una mayor cantidad de colorante.

Lujano y et al (2011), *Remoción de Colorantes de aguas provenientes de Industrial Textiles usando Electrocoagulación*, el objetivo de este estudio es proponer el método de electrocoagulación con electrodos de Al, para el tratamiento de las residuales provenientes de la industria textil, para lo cual se construyó un reactor usando un vaso de precipitado con capacidad máxima de 250

mL; los materiales usados como electrodos fueron de aluminio. La corriente aplicada fue de 10 A, con agitación constante. Los experimentos se realizaron teniendo como variantes el pH (4,6 y 8) y la concentración del colorante textil (0,5g/L y 4g/L).

Se tomaron muestras en los tiempos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos, se filtraron usando papel filtro de 0,45  $\mu\text{m}$ , y se leyeron en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 200 a 900 nm. Los resultados obtenidos fueron-. En espectro UV – Vis del colorante se obtuvo una banda de absorción con un máximo de absorbancia (A) en 590 nm. Al variar el pH se obtuvo una mejor eficiencia al trabajar a pH 4, ya que en un minuto se reduce el color de la solución de 0,5g/L con 1,13 de absorbancia a 0,01002 A, y para una concentración de 4g/L con 9,216 A a 0,009782 A.

Se concluye que la electrocoagulación es un tratamiento eficiente para la remoción de colorantes textiles de aguas residuales, ya que se logra una remoción de color del 99,75% en 1 minuto usando una corriente de 1 A y pH de 4.

## **2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1. Conceptos Básicos de la Industria Textil**

#### **2.2.1.1.Fibras Textiles**

Una fibra es un sólido con una pequeña sección transversal y una elevada relación longitud – sección. Cada fibra se compone de millones de largas cadenas moleculares individuales, de discreta estructura química. La estructura molecular (disposición y orientación de estas moléculas), así como la morfología de fibra (forma y grosor de la sección transversal) afectarán sus propiedades, pero la primera determinará su naturaleza básica, física y química.

Para que una fibra sea considerada como textil debe cumplir los siguientes requisitos, sea cualquiera su origen: flexibilidad, elasticidad y resistencia. Toda fibra, sin estas tres condiciones, no servirá para hacer hilados con las características técnicas que requieren los tejidos de buena calidad.

La fibra es la unidad fundamental de los textiles, y es a partir de ella que se elaboran los hilos, con los cuales se fabrican tejidos y prendas. Contribuye al tacto, aspecto y comportamiento de los mismos, determina en alto grado las operaciones que se requieren para el artículo y repercute en su costo.

#### **2.2.1.2.Colorimetría Textil**

Significa medir las diferencias entre el color de una muestra según la exigencia del cliente y el color que se desea alcanzar. La cuantificación del color en una solución tintórea según la cual un rayo de luz, pasa por una solución pigmentada y pierde intensidad de acuerdo a la proporción de concentración de la sustancia absorbente, esta sustancia es el colorante, y comparar con el color ya existente.

### **2.2.1.3. Colorantes**

Son aquellas sustancias capaces de retener una determinada porción de la luz visible que los atraviesa, de modo que presentan siempre el color resultante de las radiaciones que no absorben. En consecuencia, su color depende no solo del tipo de rayos luminosos que absorbe, sino también de la luz que son iluminados. Así por ejemplo, los colorantes verdes y azules, sobre todo, presentan una tonalidad distinta al ser iluminados con luz artificial, que siendo iluminados con luz natural.

Un colorante textil, son productos capaces de dar color a las prendas textiles, estos pueden ser naturales o artificiales; en la actualidad los más utilizados en la industria textil son los colorantes artificiales casi en su totalidad, las características de los colorantes artificiales son mejores a la de los naturales, ya que su persistencia ha sido mejorada. (Pascual, 2002)

#### **a. Colorantes Naturales**

Se denominan colorantes o tintes naturales a aquellas sustancias coloreadas extraídas de plantas y animales aptas para la tintura o coloración de las fibras textiles. Y no solo de textiles, ya que aún antes de la existencia de ellos fueron una herramienta de expresión artística. Como resulta fácil imaginar, fueron las sustancias pioneras en la coloración de las primeras piezas de construcción textil. (Lock, Olga, 1997)

#### **b. Colorantes Sintéticos**

En 1856 William Henry Perkin, descubre que por oxidación de la anilina se obtiene un colorante púrpura y marca el comienzo de la era de los colorantes sintéticos. La explotación y el desarrollo a nivel industrial fueron cobrando un vertiginoso impulso en la primera mitad del siglo XX, conforme evolucionó la producción de los derivados petroquímicos, que constituyen la materia prima para la síntesis de los colorantes orgánicos. Los colorantes sintéticos se clasifican en:

- **Colorantes Inorgánicos**

También se denominan colorantes térreos o minerales y se obtienen por vía natural (minas) o artificial (síntesis química). Se trata de compuestos metálicos de diferente color (por ejemplo, ocre, rojo de óxido de hierro, amarillo de cromo, azul de ultramar, azul cobalto, etc.). Tienen la característica de ser insolubles en agua, y reciben la denominación de pigmentos.

Para la tintura de textiles, los pigmentos se utilizan de forma muy limitada debido a su insolubilidad en agua, pero se emplean ampliamente por la técnica de estampación serigráfica que desde

la segunda mitad del siglo pasado tuvo un fuerte impulso gracias a los modernos y sofisticados equipos de estampación.

- **Colorantes Orgánicos**

Se presentan en forma de pigmentos o de colorantes. Su obtención natural ha sido casi completamente desplazada por la fabricación por síntesis química. Los colorantes y pigmentos sintéticos, como productos de reacción del enorme sector de la química orgánica, constituyen el grupo de los productos coloreados más utilizados en la industria textil. Mientras que en la química de los colorantes se suele establecer una división de los colorantes y pigmentos de acuerdo con su constitución, es decir, según el grupo funcional al que pertenezcan (por ejemplo; azoicos, de trifenilmetano, de antraquinona, de oxazina), en la práctica es mucho más útil el criterio de clasificación basado en las propiedades técnicas y funcionales.

## **2.2.2. Aguas Residuales Industriales**

Se conoce como aguas residuales industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación de las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de las descargas están en función del proceso industrial y tienen la mayoría de los efectos nocivos a la salud si no existe el control de la descarga.

### **2.2.2.1. Tratamiento de aguas Residuales Industriales**

Para el tratamiento de aguas residuales industriales se puede hablar de los siguientes procesos industriales: primarios, secundarios y terciarios, utilizándose solo los que sean de aplicación concreta al proceso industrial. En los tratamientos primarios, los métodos de tratamientos son: cribado, neutralizado, coagulación – floculación, sedimentación, filtración, desarenado y desaceitado; tienen por objeto eliminar los sólidos en suspensión, coloides, metales pesados, aceites y grasas.

En los tratamientos secundarios, los métodos que se utilizan son: lodos activados, filtros percolados, lagunaje, etc.; en estos métodos se elimina la materia orgánica biodegradable. En los métodos terciarios se pueden enumerar los siguientes métodos: procesos de oxidación, destrucción o transformación de materia orgánica y compuestos inorgánicos oxidables; procesos de precipitación química, eliminación de metales y aniones inorgánicos; arrastre con agua o vapor (stripping), eliminación de compuestos volátiles. También existen otros tratamientos como: procesos de membrana (ósmosis inversa, ultrafiltración, electrodialisis, etc.) y de intercambio iónico: especies disueltas y coloides; procesos de absorción con carbón activado que eliminan compuestos orgánicos; procesos de incineración que eliminan materia orgánica;

y procesos electroquímicos como la electrolisis y electromembranas, que eliminan y transforman las especies disueltas.

#### **2.2.2.2.Efectos de los principales residuos que se vierten en el agua residual industrial**

- a. Compuestos Tóxicos:** la población microbiana se puede ver afectada debido a la presencia de contaminantes químicos tóxicos, por inhibición o muerte por envenenamiento. Diferentes organismos presentan distinta susceptibilidad a la presencia de tóxicos, muchos componentes tóxicos pueden ser degradados por actividad química o bioquímica natural y por lo tanto su acción puede ser relativamente corta en el ecosistema. Algunos componentes químicos pueden ser: el fenol y metales pesados.
- b. Agentes Contaminantes:** La temperatura y el pH afectan directamente la vida de los organismos superiores, las que sólo es posible dentro de rangos limitados de temperatura y pH.
- c. Temperatura:** los efluentes calientes pueden alterar negativamente el ecosistema, ya que la elevación de la temperatura reduce la solubilidad del oxígeno. Más aún, el metabolismo microbiano aumenta al elevarse la temperatura.
- d. pH:** Es importante evitar descargar aguas con pH muy diferente de 7. Desgraciadamente, la eutrofización de un cuerpo de agua genera variaciones extremas de pH que tienen un efecto sobre muchas especies acuáticas.
- e. Sólidos Suspendidos:** los sólidos en el agua interfieren directamente con la transferencia de oxígeno y con la transmisión de la luz. Además, cuando sedimentan afectan la vida en el fondo del cuerpo de aguas.

#### **2.2.2.3.Aguas residuales de Teñido y sus Tratamientos**

Los vertidos de las de las fábricas textiles dependen del tipo de proceso a los que se sometan los distintos materiales empleados en la empresa textil. Se puede dividir las materias en tres grandes grupos: lana, algodón y fibras químicas. En el caso de la Empresa Hilados Richard's SAC, esta utiliza fibras químicas.

Los procesos a realizar en las fibras químicas son menos que en el caso de lana y algodón, puesto que no existen impurezas naturales. La contaminación por vertidos se da en el lavado y el tintado de las fibras. Para el tratamiento y reutilización de las aguas de tintura de este caso, así como para la recuperación de productos químicos utilizados, se puede realizar procesos de ósmosis inversa, microfiltración e intercambiadores iónicos. Según las características de las aguas, los procesos anteriormente

mencionados pueden ser posteriores a tratamientos físico – químicos o biológicos.

El tratamiento de agua residual realizado por las fábricas de acabado textil ha consistido bien en un tratamiento de separación y reutilización de los tintes, o bien en el tratamiento completo de todos los residuos de la planta. El primero se ha realizado por hiperfiltración y/o baño de reconstitución de los tintes, mientras que el segundo se ha realizado principalmente por coagulación química o aireación biológica. Los dos métodos han producido algunas cantidades de agua utilizable, pero se decide siempre por alguno de los dos de acuerdo a los costos y consideraciones económicas y gubernamentales.

Según la investigación de Cortazar (2010), los tratamientos que se le pueden dar a las aguas residuales de teñido se clasifican de la siguiente manera:

#### **a. Tratamientos físicos de aguas residuales:**

- Adsorción: las ventajas de este tratamiento es que remueve eficientemente varios colorantes. Como alternativas se han usado sílica y recientemente materiales celulósicos obtenidos de residuos agroindustriales (maíz, cebada, etc.). Además de su eficiencia, es una tecnología económicamente atractiva.

Los limitantes de este tipo de tratamiento es que algunos de los materiales utilizados como el carbón activado, tienen costos elevados y pérdidas en la regeneración, por otro lado los materiales menos costosos como la viruta de la madera, requieren más tiempo de contacto y generan residuos.

- Filtración por membrana: se utiliza para remover colorantes que se encuentran en bajas concentraciones es un sistema resistente a temperaturas y ataques microbianos. Las desventajas de esta tecnología son sus altos costos. Es ineficiente para los sólidos disueltos, por lo que son necesarios tratamientos adicionales.
- Intercambio iónico: es un método muy efectivo para remover colorantes catiónicos y aniónicos. No hay mucha pérdida en la regeneración de los disolventes. Las limitantes de esta tecnología es que los solventes utilizados son de costos elevados y sólo tiene aplicaciones específicas.

#### **b. Tratamientos químicos de aguas residuales:**

- Tratamiento Electroquímico: es un proceso relativamente nuevo que tiene una eficiente remoción de colorantes y la degradación de contaminantes sin generar subproductos tóxicos o lodos. Su gran desventaja son los costos elevados para implementar este sistema.



- **Oxidación:** es uno de los métodos más usados. Involucra el rompimiento de los anillos aromáticos. La oxidación con el reactivo de Fenton es un método adecuado para el tratamiento de aguas residuales resistentes a un tratamiento biológico, sin embargo se forman lodos, el hipoclorito de sodio (NaOCl) al igual que el ozono, son eficientes en el rompimiento de enlaces azo. La desventaja de esta tecnología es que en el caso del reactivo Fenton se generan lodos. El uso de hipoclorito de sodio genera subproductos tóxicos y carcinógenos. El ozono no resulta tan eficiente en la oxidación de colorantes dispersos.
- **Tratamiento Fotoquímico:** El tratamiento Fotoquímico se utiliza para degradar moléculas orgánicas presentes en CO<sub>2</sub> y agua, ya sea en lotes o en sistemas continuos con cortos tiempos de exposición. Como ventaja presenta la no generación de lodos. Entre las desventajas del tratamiento se tiene la posible generación de subproductos como halogenuros, metales, ácidos y aldehídos. Además de presenta altos costos.
- **Coagulación:** Entre las ventajas, este tratamiento presenta buena eficiencia de remoción, un proceso de corta duración y tiene bajos costos de inversión. Sin embargo, se sabe también que se obtienen pobres resultados con colorantes ácidos y que conlleva altos costos de disposición por los grandes volúmenes de lodos que resultan de su aplicación.

#### **c. Tratamientos biológicos de aguas residuales:**

- **Bio-absorción:** En este tratamiento, la biomasa microbiana puede usarse para absorber y remover colorantes de las aguas residuales. Este proceso puede ir acompañado de una biodegradación. Por otro lado, este método se encuentra aún en etapa de investigación, por lo que no ha sido utilizada para tratar grandes volúmenes de agua. Además, ocasiona problemas relacionados a la disposición de la biomasa con los colorantes adsorbidos.
- **Bio-degradación:** A través de este tratamiento se ha logrado aislar microorganismos con la capacidad de degradar diversos colorantes. También se han utilizado consorcios mixtos en sistemas aeróbicos/anaeróbicos para remover colorantes como sistemas de células inmovilizadas. Sin embargo, aún se requiere mayor información fisiológica y genética. Así como una larga fase de aclimatación luego de la instalación.

- **Enzimático:** Las preparaciones de lacasas y peroxidasas ofrecen un método para la decoloración de aguas residuales. Requiere tiempos cortos de contacto y es muy eficiente para ciertos compuestos. No obstante, aún se considera necesario un mayor análisis sobre los subproductos que se generan, estudios de escalamiento y una evaluación económica para poder aplicarse comercialmente. Presenta dificultad en el proceso de aislamiento y purificación de las enzimas. Estas se ven afectadas por un gran número de variables presentes en el agua residual.

### **2.2.3. Las Zeolitas en el tratamiento de aguas residuales**

Las zeolitas en el proceso de descontaminación y purificación de aguas. Las zeolitas del tipo clinoptilolita, permiten llevar a cabo tratamientos de aguas residuales en una forma mucho más eficiente y económica que otros materiales conocidos para estos efectos. Adicionando adecuadamente zeolitas naturales en sus diversas modificaciones catiónicas en los sistemas de filtración, se pueden alcanzar niveles de purificación de aguas bastante notables, y lograr no sólo la remoción de fosfatos, sulfatos, y cloruros; sino también, la eliminación de metales pesados como plomo, arsénico, níquel, cobre, etc.

Al mismo tiempo se tienen incrementos en la actividad biológica (se reduce el número de bacterias coliformes y mesofílicas); mejora la eficiencia hidráulica (disminuye en 1,5-dos veces la caída de la presión); aumenta la utilización de los nutrientes y del oxígeno; y se mejora notablemente la estabilidad de los lodos, gracias a la formación de flóculos alrededor de las partículas zeolíticas, en tanto se aceleran sustancialmente los procesos de degradación biológica y Nitrificación.

Entre las ventajas que ofrecen las zeolitas, se pueden señalar las siguientes:

- a) Son de fácil aplicación.
- b) No necesitan condiciones especiales para la construcción de los sistemas de tratamientos de aguas- \_
- c) No se produce un exceso de compuestos químicos, que posteriormente se conviertan en obstáculo del tratamiento.

Las zeolitas introducidas como una suspensión de pre-tratamiento, reducen la concentración de fósforo hasta niveles deseados, estimulan la efectividad biomatelitica, incrementan en forma moderada la actividad de los lodos, y aceleran la descomposición biológica y los procesos de nitrificación.

Mediante el uso de zeolitas en los procesos de tratamiento de aguas, pueden ser reemplazados los procesos de aceleración por otros de

alta velocidad, sin que empeoren las propiedades de flujo de los lodos. Las aguas de desecho previamente tratadas, se hacen pasar por los filtros que contienen la cama de zeolitas, y éstas retienen los contaminantes como el amonio a través de un proceso de intercambio catiónico.

Además, el filtro zeolítico retiene la mayoría de los sólidos suspendidos; y de esta manera, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) disminuyen, reduciendo la cantidad de bacterias coliformes.

Las zeolitas también reducen considerablemente los olores y sabores desagradables que provoca la polución.

Los cationes de calcio (Ca) y Magnesio (Mg) son removidos de las estructuras de las zeolitas, mediante un proceso de intercambio iónico por iones de sodio (Na) que causan dureza. Las zeolitas se colocan en los filtros de la misma manera que la arena, y pueden además, con bastante efectividad, remover el Fe, Torri (1978)

Las zeolitas naturales tienen capacidad para eliminar de 7 mil a 12 mil gramos de dureza por metro cúbico, cediendo en este renglón a las zeolitas sintéticas, que son capaces de remover de 20 mil a 60 mil gramos de dureza por metro cúbico. Sin embargo, su costo es demasiado elevado en comparación con las naturales.

Si el tratamiento de agua con una dureza de 300 mg/Lt, se realiza en un ablandador que contiene 3 000 litros de zeolita, con una capacidad ablandadora de 12 000 gramos por metro cúbico, y que su capacidad de remoción total entre cada regeneración, es de 36 000 gramos ( $3.0 \text{ m}^3 \times 12\,000 \text{ g/m}^3 = 36\,000$ ), entonces la zeolita podrá ablandar 120 000 litros de agua por cada regeneración.

Por cada 1 000 g de dureza removida, se requiere de aproximadamente 3 kg. de sal para su regeneración. La dureza del agua debe ser de 100-200 mg/L. No se recomienda tener aguas de dureza cero, porque son corrosivas, y también porque aguas muy blandas, no son deseables para usos normales.

La calidad de las aguas trabajadas puede ser determinada mediante pruebas específicas, tales como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), -pH, conductividad, color; nitrógeno amoniacal y orgánico, bacterias coliformes y mesofílicas.

Las zeolitas se distinguen, por una posición muy característica y particular del átomo de aluminio en sus estructuras. El átomo de aluminio juega un papel muy importante y semejante al papel que desempeñan los átomos de silicio; y por lo tanto, puede ser incluido dentro del complejo radical de tipo aluminosilíceo. En otros

compuestos, su posición y papel son idénticos a los cationes típicos de las bases, y particularmente, a los átomos de magnesio.

Las propiedades que caracterizan a los cristales de las zeolitas como tamices moleculares, están determinadas no sólo por las particularidades geométricas de sus esqueletos aluminosilíceos, sino que en grado superlativo, dependen de la composición química de los cristales mismos. Estas propiedades dependen principalmente, de la naturaleza y cantidad de cationes que compensan la carga negativa del anión' polimérico aluminosilíceo.

De la composición química, dependen también otras propiedades de las zeolitas. Por ejemplo, la estabilidad térmica de la malla cristalina, la resistencia a los medios ácidos, la capacidad de adsorción, y la interacción con sustancias contaminantes del medio ambiente.

### **2.2.3.1.Comparación de las zeolitas contra otros productos**

#### **a. Zeolitas vs arenas Sílicas**

El efecto filtrante de la arena es menor que el de las zeolitas, ya que los sólidos en suspensión son retenidos entre los huecos de los granos, mientras que las zeolitas se filtran por los huecos intramoleculares, moleculares, y entre los huecos de los granos. La arena sílica no es porosa y la zeolita sí. El 60% del volumen de la zeolita es un medio activo filtrante.

La capacidad de retención de sólidos de la zeolita, es de 10-12 kg/m<sup>2</sup> de área. Las zeolitas se pueden lavar y regenerar, por lo que su vida activa es larga:

La zeolita es poli funcional, ya que remueve sólidos y purifica el agua.

#### **b. Zeolita Vs Resinas de Intercambio Iónico.**

Las resinas sintéticas se regeneran con soluciones acidas que son caras y contaminan los mantos acuíferos.

Las resinas sintéticas eliminan específicamente la dureza (calcio y magnesio)

La vida de las resinas sintéticas es corta.

Las zeolitas, en igualdad de volumen con las resinas sintéticas, tienen una capacidad de 30% menos, y se regeneran con cloruro de sodio (sal común)- Además, son poli funcionales y no sólo retienen dureza', sino que también eliminan metales pesados, ya que la afinidad por compuesto es como sigue: (de mayor a\_ menor) Cr, Rb, Ni-Li, Ni, Cu, PD, Na, Mg, Al, Li.

El límite máximo de dureza que se recomienda para suavizar el agua de manera económica con zeolitas, es de 500 ppm.

Lo anterior permite indicar que las zeolitas son recomendables como pulidoras para eliminar las impurezas, tales como: metales pesados, DBO, DUO, coloides, etc., que son eliminados por los procesos con resinas sintéticas antes de hacer el desecho de éstas al drenaje. Las resinas sintéticas generalmente rinden agua purificada acida o básica.

Las zeolitas entregan agua neutra.

#### c. Zeolitas vs Carbón Activado

El carbón activado sólo quita olores y color, siendo atacable por el yodo, cloro, ozono, y otros: La regeneración de carbón es complicada y cara, las zeolitas tienen una capacidad de retención de olor y color del 65-70% del carbón activado, pero es polifuncional removiendo simultáneamente otras impurezas. Resiste el ataque del yodo, cloro y ozono. Se regenera fácilmente y a bajo costo.

#### **2.2.3.2. Ventajas económicas de la Zeolita**

El costo de las zeolitas es menor al de las resinas sintéticas y al carbón activado: Gracias a su polifuncionalidad, el afluente que se obtiene es de mayor calidad. Su regeneración es fácil y barata. Su resistencia física es similar a la de la arena sílica, por lo que su vida útil es larga.

La combinación de los factores mencionados, origina que el costo de purificación por litro sea bajo, por lo cual, el análisis costo-beneficio, basado en un costo inicial similar al del carbón activado y de resinas sintéticas, es favorable a las zeolitas:

#### **2.2.3.3. Efectos y Aplicaciones de la zeolita**

- Reducción del contenido de  $\text{NH}_4$  y otros
- Reducción de metales pesados
- Reducción de color
- Reducción de olor
- Reducción de dureza
- Reducción de S.S.T.
- Reducción de conductividad

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación de la situación actual de la empresa Hilados Richard's S.A.C. mediante la medición de los parámetros del agua residual del área de Tintorería.

La empresa HILADOS RICHARDS, es una empresa textil que viene funcionando hace diez años atrás a cargo del Grupo Jiménez, ofrece como producto lana teñida 100% acrílicas.

Las fibras acrílicas con las que trabaja la empresa tienen como características que son: suaves, ligeras, elásticas, resistentes a la luz solar, resistentes a la intemperie; vienen en forma de tops y su finura es de 6,7 Dtex, como lo indica la tabla N° 1. Las madejas de lana que son el producto terminado del área de hilandería son de título 18 y se presentan en diversos pesos según el pedido del cliente, tal como lo indican la tabla N° 2.

**Tabla N° 1. Especificaciones de la Fibra Acrílica**

<b>Especificaciones de Fibra Acrílica</b>	
<b>Tipo de fibra</b>	Tops
<b>Finura</b>	6,7 Dtex
<b>Color</b>	BTE/BRIGHT
<b>Peso neto</b>	Variado
<b>Tipo</b>	HB
<b>Lote</b>	Variado

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Tabla N° 2. Especificaciones de Madejas de Fibra Acrílica.**

<b>Especificaciones de Madejas de Fibra acrílica</b>	
<b>Producto:</b>	Madejas de fibra acrílica
<b>Título del hilo</b>	18
<b>Composición:</b>	100% Fibra Acrílica
<b>Presentación:</b>	Madejas de 1 ½ E Madejas de 1 ½ D Madejas de 1 ½ B Madejas de 1 ½ CRUDO Madejas de 1 B

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

### **3.1.1. Proceso de producción de madejas de lana acrílica.**

El proceso de producción de madejas de lana acrílica está compuesto de varias etapas:

- **Recepción de Materia prima**

La materia prima utilizada en el proceso es: Fibra Acrílica 6,7 HB. La fibra ingresa a almacén en fardos con un peso promedio de 200 kg y 400 kg dependiendo la temporada.

- **Preparación de la fibra**

El objetivo es peinar y estirar la fibra acrílica. Esta etapa del proceso está dividida en:

Primer pasaje: La máquina Guills o preparadora # 1, realiza el primer estiraje por medio de rodillos y peines. La alimentación de la maquina es 3+2, es decir 5 mechas por lado pesando cada una 25 g/m.

Segundo pasaje: La máquina Guills o preparadora # 2, realiza el segundo estiraje. La alimentación de la maquina es 4+4, es decir 8 mechas por lado pesando cada una 16g/m.

Tercer pasaje: La máquina Guills o preparadora # 3, realiza el tercer estiraje. La alimentación de la maquina es 4+4, es decir 4 mechas por lado pesando cada una 8 g/m, de manera que la unión de las 8 mechas forma 2 cintas de peso 4,9 o 5,0 g/m.

En esta primera etapa se obtiene un residuo llamado neomofil, que son partículas pequeñas de fibra acrílica, que resultan de la fricción de los rodillos con la fibra.

- **Frotado y enrollado Bobina**

En esta etapa la maquina frotadora que consta de 24 bobinas, se alimenta de 24 tachos de la preparadora # 3. Es en esta etapa donde se realiza un estiramiento y una frotación a través de manchones y rodillos de goma. Dando resultado 2 cintas las que forman una bobina de 2 kg; estas cintas pesan 0,72 g/m; como residuo de esta etapa resulta el neomofil.

- **Estiraje y Torsión**

En este proceso las bobinas provenientes del proceso de frotado pasan a husos disminuyendo su peso por metro. En esta etapa se cuenta con tres máquinas hiladoras, como se indica en la tabla N° 3, que transforman a la fibra del proceso anterior en hilo que son contenidos en canillas. En esta etapa al igual que en las etapas anteriores, se obtiene como residuo el neomofil.

**Tabla N° 3. Número de Husos y Bobinas por máquina en el proceso de Estiraje**

<b>Máquinas</b>	<b>N° de Husos</b>	<b>N° de Husos</b>	<b>Q de canillas a utilizar</b>	<b>Q de Bobinas</b>
Continua 1- Spinn Bremen	182x Lado	182x Lado	182x Lado	91x Lado
Continua 2- REDOSA	200x Lado	200x Lado	200x Lado	100x Lado
Continua 3- Edera	288x Lado	288x Lado	288 x Lado	144 x Lado

Fuente: Hilados Richard's SAC

- **Enconado**

Las canillas obtenidas pasan a la máquina conera, la cual pasa el hilo obtenido en la etapa anterior a conos de 2 kg. Esta máquina consta de 24 conos por lado, el residuo que se obtiene en este proceso se llama huaype, que son restos de hilos que resultaron defectuosos.

- **Reunido**

La finalidad es reunir 3 hilos de título 18, dando como resultado una bobina de 1,4 kg. Esta máquina consta de 22 bobinas. En esta etapa al igual que la anterior, se obtiene de residuo huaype.

- **Retorcido**

Las bobinas obtenidas pasan a una maquina torcedora, para que los tres hilos que fueron unidos en el proceso anterior sean torcidos, la torsión que se les da en esta etapa es en forma de “S” y el residuo que sale de esta etapa es el huaype. Esta máquina consta de 80 ollas x lado A y de 88 ollas x lado B.

- **Madejeado**

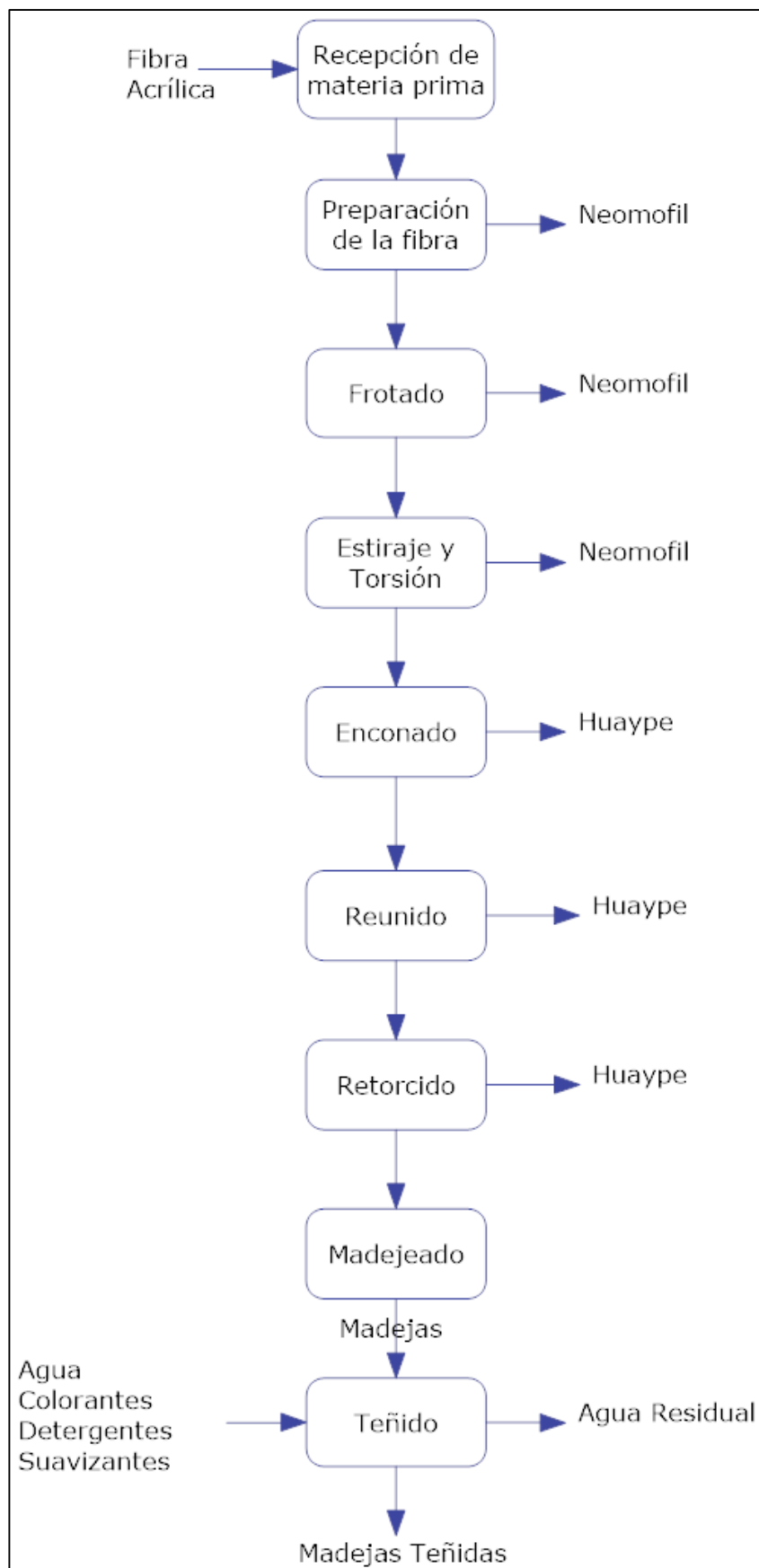
Los conos obtenidos en la etapa anterior son distribuidos en las 3 máquinas madejeras. El proceso de madejeado consiste en dar vueltas las aspas con un diámetro determinado para obtener diferentes tipos de madejas de lana, dependiendo el pedido del cliente; algunos de estos tipos se evidencian en la tabla N° 4. Posteriormente se efectúa 3 amarres por madeja. El diagrama de flujo del proceso se presenta en la figura N° 1.



**Tabla N° 4. Diámetros y amarres de madejeras 1,2 y 3**

<b>Madejeras</b>	<b>N° de guía Hilo</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Amares * 3</b>
<b>Madejera 1</b>	35	1 ½ D 1,83 cm. 1 ½ E, 1,57 cm. 1 ½ C, 1,79 cm. 1kg.,A,B,C:1,57cm	1 ½ D (amarre con retorcido) 1 ½ E (amarre con 2 hilos) 1 ½ C (amarre con 2 hilos) 1 kg. B (amarre con 2 hilos)
<b>Madejera 2</b>	35	1 ½ D 1,83 cm. 1 ½ E, 1,57 cm. 1 ½ C, 1,79 cm. 1kg.,A,B,C:1,57cm	1 ½ D (amarre con retorcido) 1 ½ E (amarre con 2 hilos) 1 ½ C (amarre con 2 hilos) 1 kg. B (amarre con 2 hilos)
<b>Madejera 3</b>	30	1 ½ D 1,83 cm. 1 ½ E, 1,57 cm. 1 ½ C, 1,79 cm. 1kg.,A,B,C:1,57cm	1 ½ D (amarre con retorcido) 1 ½ E (amarre con 2 hilos) 1 ½ C (amarre con 2 hilos) 1 kg. B (amarre con 2 hilos)

Fuente: Hilados Richard's SAC



**Figura N° 1. Diagrama de Flujo del Proceso de Lana Acrílica**  
 Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

### **3.1.2. Consideraciones para el proceso de teñido de madejas de lana acrílica.**

Para el proceso de teñido, la empresa se basa en el manual que su proveedor, Sudamericana de Fibras, le ha brindado. En el proceso de teñido se tienen las siguientes consideraciones:

#### **a. Punto de saturación y velocidad de teñido**

El punto de saturación de la fibra (Sf) es aproximadamente de 2,1 y su velocidad (V) es aproximadamente 1,7. Mientras que el punto de saturación se mantiene dentro de límites muy estrechos, la velocidad de teñido puede considerarse como variable dentro de ciertos parámetros.

En la velocidad de teñido influye por ejemplo el título del filamento, teniendo los títulos finos una mayor velocidad de tintura que los títulos más gruesos. Asimismo, los tratamientos térmicos tales como por ejemplo el vaporizado, pueden provocar un cambio en la velocidad de teñido.

#### **b. Colorantes**

Los tipos de Drytex se tiñen casi exclusivamente empleando colorantes catiónicos (básicos). En casos especiales y para tonos muy claros se pueden también emplear colorantes dispersos seleccionados.

El Drytex no requiere un tratamiento de lavado previo a la tintura (a excepción de la tintura en piezas, puesto que los ensimajes que contienen de origen son emulsionables durante el proceso de tintura. No tienen influencia alguna durante este proceso.

#### **c. Comportamiento térmico durante el proceso de teñido**

Una marcada absorción de colorantes empieza cerca de los 90 °C en el caso de los tipos de Drytex. La velocidad de absorción de colorantes catiónicos aumenta considerablemente al subir la temperatura, de modo que sobre todo se debe pasar de manera muy pareja y lenta por la zona de temperatura superior a los 90 °C.

La temperatura final no debería pasar de los 100 °C a los 102°C, dado que encima de esta temperatura la fibra muestra una mayor tendencia al encogimiento y pierde cualidades físicas.

#### **d. Curva de teñido del Drytex**

En la figura N° 2 se presenta un esquema del procedimiento de teñido adecuado para el tipo de Drytex.

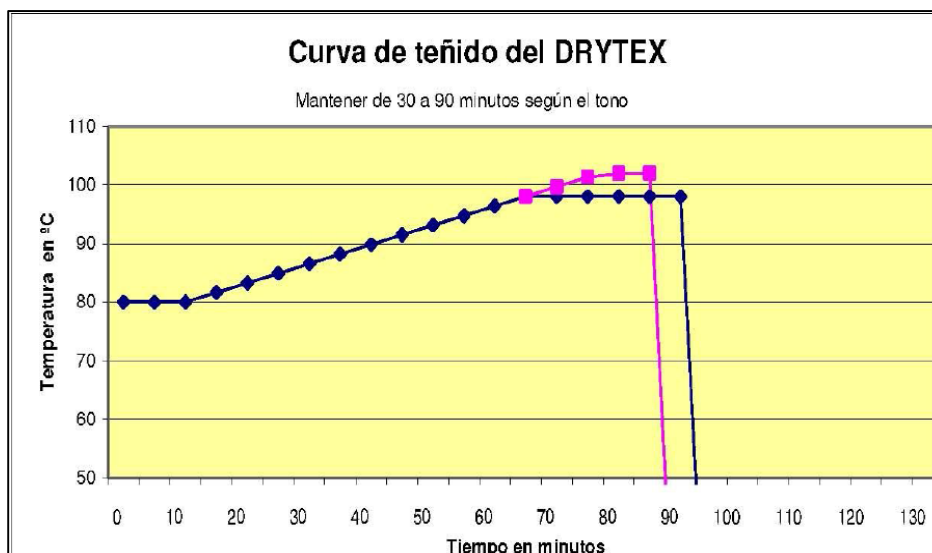
Temperatura

T. Inicial: 80 °C

T. Final: 98 °C – 102 °C

Subida de temperatura 1 °C / 3min.

Nota: El tiempo de 30 a 90 min se refiere a temperatura máxima prevista.



**Figura N° 2. Curva de teñido del Drytex**  
Fuente: Manual de Sudamericana de Fibras

#### e. Preparación del baño de Tintura

Relación de baño: 1:30 - 1:40

Calentar baño a 80 °C

Agregar:

X % Colorantes catiónicos (básicos)

Y % Retardante

0,1 g/l Detergente no iónico

0,5 % Dispersante no iónico

pH 4.5 Con ácido acético, cítrico o fórmico

Incorporar material

Teñir de acuerdo a la curva indicada en el gráfico 3.

Agregar 2% suavizante catiónico durante el enfriamiento.

Donde X y Y es la cantidad de colorantes y retardante que varía según fórmula para cada uno de los 165 colores que ofrece la empresa.

#### f. Agentes Suavizantes

Para obtener una sensación suave y agradable al tacto, se deberá aplicar, dentro del baño de tintura o después del teñido, un suavizante catiónico.

La aplicación del suavizante en la fase de enfriamiento del proceso de tintura da a la fibra un mayor efecto de suavizado que agregándolo al principio. (El suavizante debe circular mínimo 20 minutos en el baño).

#### g. Blanqueo

Para artículos de un color ultra-blanco es conveniente un blanqueo con clorito de sodio, empleando simultáneamente blanqueadores ópticos que son sólidos al clorito de sodio.

A menudo basta un blanqueo óptico, es decir un tratamiento que llega casi a la temperatura de ebullición (96-98 °C) con adición de ácido (ácido oxálico o acético) y blanqueadores ópticos apropiados. Los artículos que

deben ser vaporizados después del blanqueo (por ejemplo fondos para estampado) solamente pueden ser tratados por el método mencionado, dado que el blanqueo con clorito seguido por un vaporizado causa un amarillamiento de la fibra acrílica.

- **Formulación A: Sin clorito de sodio**

Relación de baño: 1:30 - 1:40

0,5 – 1,0 % Blanqueador óptico

g/l Detergente no iónico

% Dispersante no iónico

pH 3,0 – 3,5 con ácido fórmico (usar ácido oxálico con agua blanda)

Subir de 80 °C a 98 °C con 1 °C / 3 min.

Tratar 30 min. a 98 °C

Enfriar a 60 °C y en baño nuevo sin enjuagar con pH 5,0, agregar 2,0%

Suavizante catiónico.

- **Formulación B Con clorito de sodio**

Relación de baño: 1:30 - 1:40

0,5 – 1,0 % Blanqueador óptico

g/l Clorito de sodio 50 K, 50 = "al 50%", k = contiene Estabilizador de clorito o de lo contrario agregar

g/l Estabilizador de clorito de sodio

g/l Detergente no iónico

g/l Nitrato de sodio

pH 3,0 – 3,5 con ácido fórmico (usar ácido oxálico con agua blanda)

Subir de 80 °C a 98 °C con 1 °C / 3 min.

Tratar 30 min. a 98 °C

Enfriar a 60°C en baño nuevo sin enjuagar con pH 5,0, 2,0 % Suavizante catiónico.

## **h. Calidad del agua**

El agua que se utiliza para el teñido debe ser agua blanda y libre de impurezas. La presencia de sales de calcio y magnesio puede ser indeseable en muchos procesos de acabado. Estas sales son responsables de la dureza del agua y dan lugar a la formación de precipitados insolubles con algunos productos auxiliares.

La presencia de sales de calcio y magnesio también puede ocasionar problemas de depósitos de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio en los equipos de intercambio de calor, disminuyendo su eficiencia. Esto ocurre especialmente si se trata de bicarbonatos de ambos metales. La presencia de bicarbonatos puede afectar el pH del baño al subir la temperatura y liberarse el CO<sub>2</sub>.

Algunos colorantes forman compuestos de calcio que son insolubles. El agua dura puede, por tanto, interferir con la aplicación de dichos colorantes. Con agua dura el tacto de los hilados puede ser más áspero. La presencia de sales de fierro en el agua usada para teñir es altamente indeseable porque causa la decoloración de los blancos y también porque puede producir opacidad de los

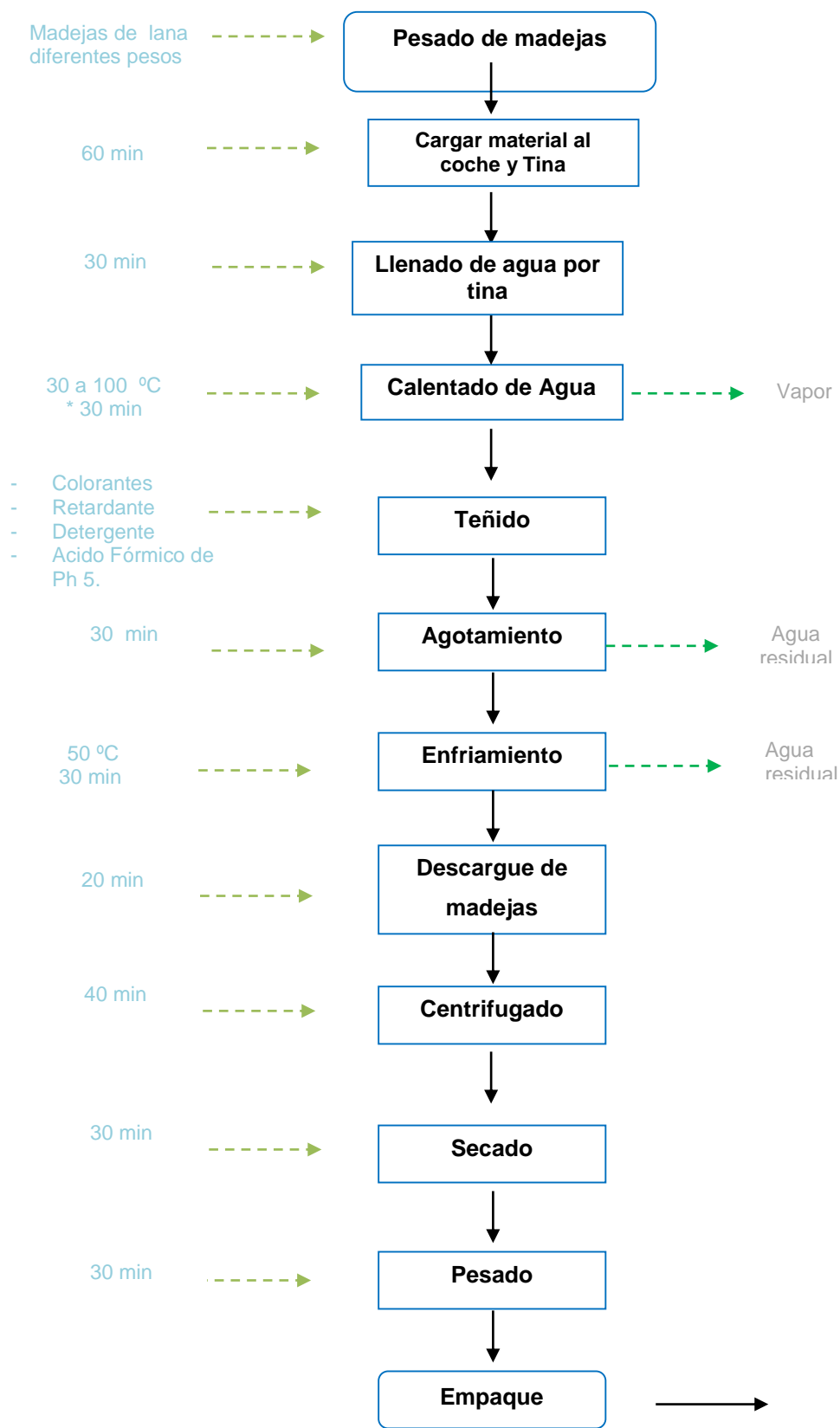
tonos brillantes en el teñido. Hay colorantes que son sensibles al fierro y cambian su tonalidad.

Existen métodos rápidos para determinar la dureza y el contenido de fierro en el agua y, de esta manera, tener un adecuado control sobre estos parámetros importantes para el teñido. Cuando hay presencia de sales de calcio, magnesio y fierro se puede utilizar un agente secuestrante, de los cuales existen muchos tipos en el mercado.

### 3.1.3. Descripción del Proceso de teñido de madejas de lana acrílica

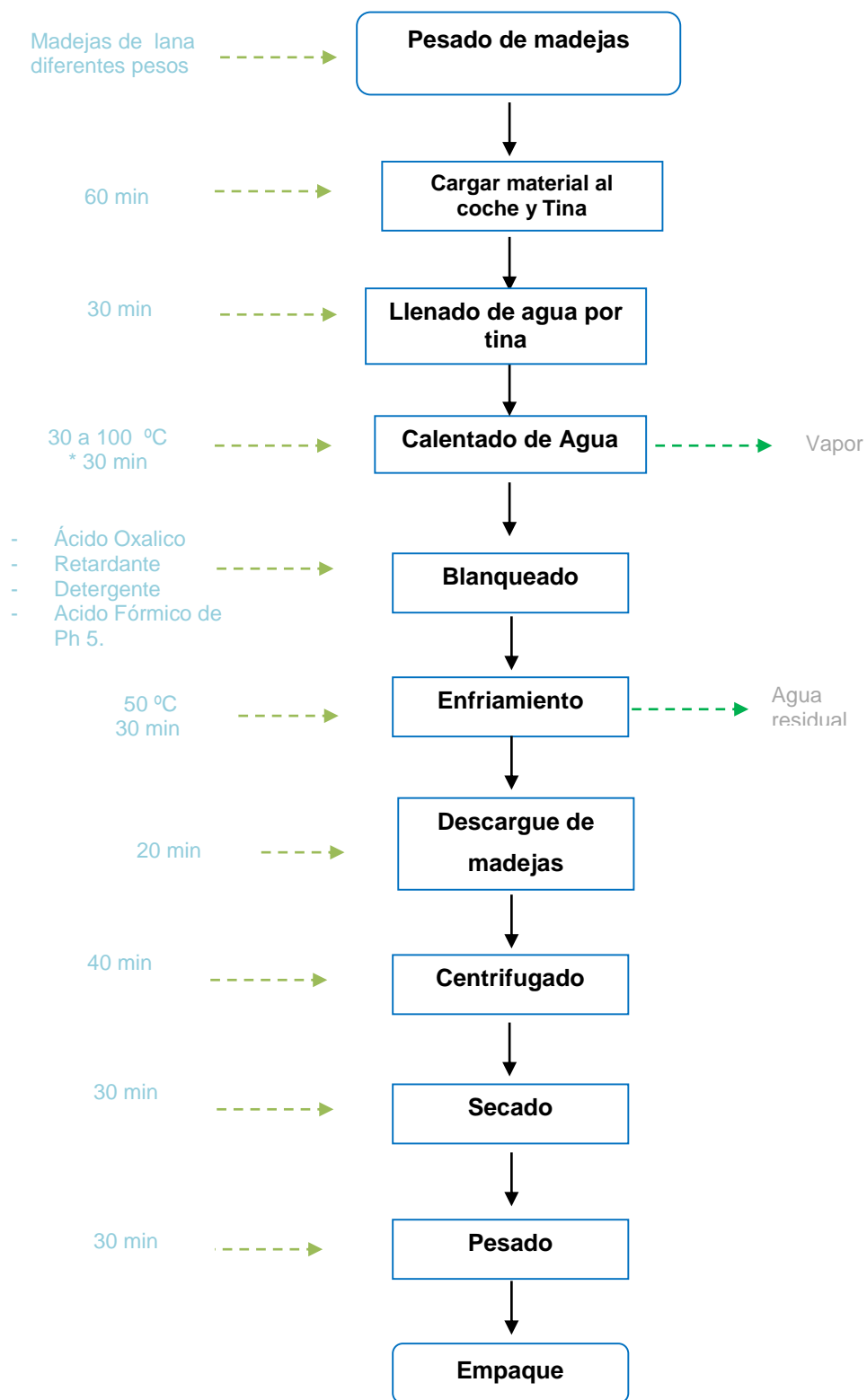
- **Pesado de madejas:** Las madejas que han salido del proceso de madejeado, son pesadas y clasificadas en moños que luego serán colocados en los coches de carga.
- **Carga de material en coche y tina:** Las madejas pesadas son cargadas a los coches de las tinas en distribución de 19 moños, clasificándolas por peso para ser ingresados al proceso de teñido.
- **Llenado de agua por tina:** Las tinas a través de las tuberías son llenadas con agua, esta agua cumple los requisitos necesarios para el proceso de teñido.
- **Calentado de Agua:** El agua de la tina es calentada por 30 min, con un intervalo de temperatura de 30 a 70° C.
- **Teñido:** La etapa de teñido es un proceso químico en el que se añade: Colorantes, retardante, detergente, textocid AO, Acido Fórmico de pH 4.5. El colorante es el producto capaz de dar color a la fibra textil y es el proceso en el que un material textil es puesto en contacto con una solución de colorante y lo absorbe de manera que habiéndose teñido ofrece resistencia a devolver el colorante al baño. Con el fin de que esta sustancia se convierta en parte del textil y tenga un color diferente al original.
- **Agotamiento:** El agotamiento se efectúa a 100°C por 30 min.
- **Enfriamiento:** El enfriamiento se realiza hasta los 50°C y se agrega suavizante por 15 min para dar suavidad al material teñido. Seguido a este proceso, se deja enfriar el agua hasta los 35 °C para que se inicie a la etapa de descarga.

- **Centrifugado:** La máquina utilizada es una centrífuga con capacidad de 50 kg. Las madejas obtenidas del teñido son introducidas a la centrífuga para quitar el agua por fuerza centrífuga.
- **Secado:** Las madejas obtenidas pasan a un horno de 100 Kg, su función es secar por medio de vapor e incrementar el volumen de las madejas.
- **Pesado de madejas teñidas:** Este proceso consiste en pesar las madejas que han salido del proceso de secado, con el fin de asegurar la calidad de las madejas, controlando de esta manera el peso estándar.
- **Empaque:** Las madejas que han salido del proceso anterior son ordenadas y colocadas en una bolsa de polietileno, según la cantidad que ha sido solicitada por el comprador. El diagrama del proceso de teñido de madejas de lana acrílica se presenta en la figura 3.



**Figura N° 3. Diagrama de Flujo del Proceso de Teñido de lana**  
Fuente: Hilados Richard's S.A.C.





**Figura N° 4. Diagrama de Flujo del Proceso de Blanqueado de lana**  
Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

En la empresa Hilados Richard's S.A.C. se procesan alrededor de 28 000 – 30 000 kg en madejas de lana teñida al mes, para lo cual utilizan agua de la red pública para su proceso de teñido, al término de este, no se le da tratamiento para poderlas evacuar a la red de alcantarillado. La empresa cuenta con dos pozos de almacenamiento de agua: uno de 5 000 litros de capacidad y otro de 3 000 litros. También cuenta con un tercer tanque de 5 000 litros que es para el abastecimiento durante el proceso de teñido; y un tercer pozo para el agua del desagüe contamos con un pozo de 3 000 litros.

El agua que se descargan de los procesos se derivan de tres tinas que usan para el proceso de teñido: Tina Tecle, tina en forma rectangular que se encuentra en el suelo y se utiliza de un tecele para descargar las madejas de lana a la salida del proceso; la cual tiene una capacidad para 110 kg de lana y utiliza 2 500 litros de agua (tanto para teñido como para lavado de lana) por tinada; la Tina Roperio de 100 kg, llamada así por su parecido a un ropero; para 110 kg de lana, que al igual que la tina anterior consume 2 500 litros de agua y por último la Tina Roperio de capacidad de 210 kg de lana, la cual consume 5 000 litros por tinada. En el proceso de teñido se utilizan colorantes catiónicos y para el blanqueado se utilizan ácidos. Dichos insumos se presentan en la Tabla N° 5 y están mencionados según su nombre comercial.

**Tabla N° 5. Listados de insumos del área de Tintorería.**

<b>Producto</b>	<b>Proceso en que utiliza</b>
Ácido Fórmico A. (Textocid AO)	Teñido/ blanqueado
Ácido Fórmico Basf	Blanqueado
Ácido Oxálico	Blanqueado
Avivan	Blanqueado
Black SM	Teñido
Blue G 300 %	Teñido
Blue GLN 300%	Teñido
Clorito de sodio al 80%	Blanqueado
Deter Pac	Teñido
Flavina	Teñido
Golden Yellow 200%	Teñido
Nitrato Sodio Basf	Teñido
Red GTL 200%	Teñido
Red Violet 3RBS	Teñido
Retardante	Teñido
Rojo 4 G	Teñido
Suavicat Be	Teñido
Verde Malaquita	Teñido
Yellow 8 GNA 200%	Teñido

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

A la salida del proceso, el agua sale con las características físicas distintas a las que ingreso, al ingreso del proceso el agua es incolora e inodora; en cambio, a la salida del proceso el agua adquiere el color del colorante con el que se ha puesto

en contacto, como lo muestra la figura N° 4 y presenta un olor desagradable. Además, a la salida del proceso se forma espuma debido al uso de detergente para lavar las madejas de lana acrílica.



**Figura N° 5. Agua Residual a la salida del proceso.**

Fuente: Hilados Richard's

**Tabla N° 6. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Tecle**

Tina Tecle									
Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)
1	34	1	34	1	35	1	34	1	37
2	36	2	36	2	37	2	34	2	35
3	35	3	35	3	35	3	38	3	35
4	36	4	35	4	36	4	35	4	36

Fuente: Propia.

La temperatura de salida es elevada, sobrepasando los 34°C, como lo muestran las tablas N° 6, 7 y 8. Los valores de temperatura fueron medidos a la salida del proceso, para lo cual se tomó una muestra semanalmente durante los meses de abril a agosto, teniendo un total de 20 datos de temperatura, recopilados por tina. En la tina tecle en el mes de abril, de la semana 1 a la 4 los valores de la temperatura del agua residual a la salida del proceso fueron: 34 °C, 36 °C, 35 °C y 36 °C, como lo muestra la tabla N° 6. Los valores no varían mucho a lo largo de las semanas, excepto en la tercera semana del mes de julio que se registró un valor de 38 °C en la temperatura del agua residual.

En la tabla N° 7, se presentan los valores de la temperatura del agua residual obtenidos a la salida del proceso en la tina ropero de capacidad de 100 kg; como muestra la tabla en el mes de abril los valores fluctúan entre 34 y 35 °C, y a lo largo de los meses el dato de mayor valor se presenta en la primera semana del mes de junio, 37°C.

**Tabla N° 7. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Roper 100 kg**

Tina Roper 100 kg									
Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)
1	35	1	34	1	37	1	35	1	36
2	34	2	34	2	36	2	35	2	34
3	34	3	36	3	36	3	35	3	34
4	34	4	35	4	35	4	34	4	35

Fuente: Propia

**Tabla N° 8. Temperatura en °C del agua residual a la salida del proceso de la Tina Roper 200 kg**

Tina Roper 200 kg									
Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)	Semana	T° (°C)
1	35	1	34	1	34	1	34	1	35
2	35	2	35	2	34	2	35	2	35
3	35	3	36	3	36	3	37	3	35
4	37	4	34	4	36	4	37	4	34

Fuente: Propia.

Como se observa en la tabla 8, la temperatura que se registró a la salida del proceso en la tina ropero de capacidad de 200 kg, en el mes de abril fue por tres semanas consecutivas 35 °C, y en la última semana se registró una temperatura de 37 °C; en los meses siguientes la variación de la temperatura ha sido mínima.

La utilización del agua en el proceso de teñido se da de la siguiente manera: al inicio de la semana en las tres tinas se utiliza agua limpia para el primer proceso, para el caso de la tina de capacidad de 100 kg y 200 kg el agua que sale en la etapa de lavado es dirigida al pozo de almacenamiento que poseen estas tinas para volverla a utilizar en los procesos siguientes del día. En el caso de la tina tecla de capacidad de 100 kg que no posee un pozo de almacenamiento, el agua que sale del proceso de teñido va directamente a la red de desagüe.

Para detallar el análisis del consumo de agua diario, se tomó datos de los meses de Abril a Agosto, en las diferentes tinas, tanto del agua de red que se utiliza como del agua reciclada que se utiliza en el proceso.

En las tablas del anexo 1 y 2, se muestra el consumo de agua en la tina tecla en el mes de abril, como se describe en el inicio de mes la tina tecla utiliza tanto como para teñido y lavado de la fibra 2 500 litros de agua limpia, de las cuales 1 250 litros que quedan en la tina después del lavado son reutilizados en la siguiente tinada, pasando a la red del desagüe 1 250 litros de agua residual de teñido. Para la segunda tinada del día se utiliza 1 250 litros del agua que queda del proceso anterior y 1 250 litros para lavar la fibra, el agua que se reutilizó para la segunda

tinada en el proceso de teñido es eliminada a la red y el agua que entró para lavar la fibra se reutiliza para el siguiente proceso.

En esta tina el agua se vuelve renovar diariamente debido a que no posee un pozo de almacenamiento. Por lo cual esta tina consume al mes 111 250 litros de agua limpia y 53 750 litros de agua reciclada. Eliminando mensualmente del contenido de esta tina 111 250 litros de agua residual a la red pública.

En la tina Roper de capacidad de 110 kg, en los anexos 3,4 y 5, al iniciar el mes se ha utilizado 2 500 litros de agua limpia para el proceso de lavado del material teñido en la tina y 2 500 litros de agua reciclada en el pozo de almacenamiento, que esta tina posee, para utilizarla en el proceso de teñido. En esta tina se recicla el agua que sale del proceso de lavado para utilizarlo en la segunda tinada en la etapa de teñido; el pozo a diferencia de la tina Tecle permite guardar el agua de la última tinada para iniciar el proceso de teñido al inicio del siguiente día. El consumo total de agua limpia fue de 157 500 litros y de agua reciclada 105 000 litros.

En la tina Roper de 200 kg, se empezó el mes con 5 000 litros de agua limpia y 5000 litros de agua reciclada, la primera se utilizó en el proceso de lavado de lana teñida y la segunda en el proceso de teñido de la lana. Esta tina también posee un pozo de recuperación que permite guardar el agua que sale del proceso de lavado para utilizarla en la primera tinada del siguiente. En esta tina se han utilizado 135 000 litros de agua limpia y 100 000 litros de agua reciclada.

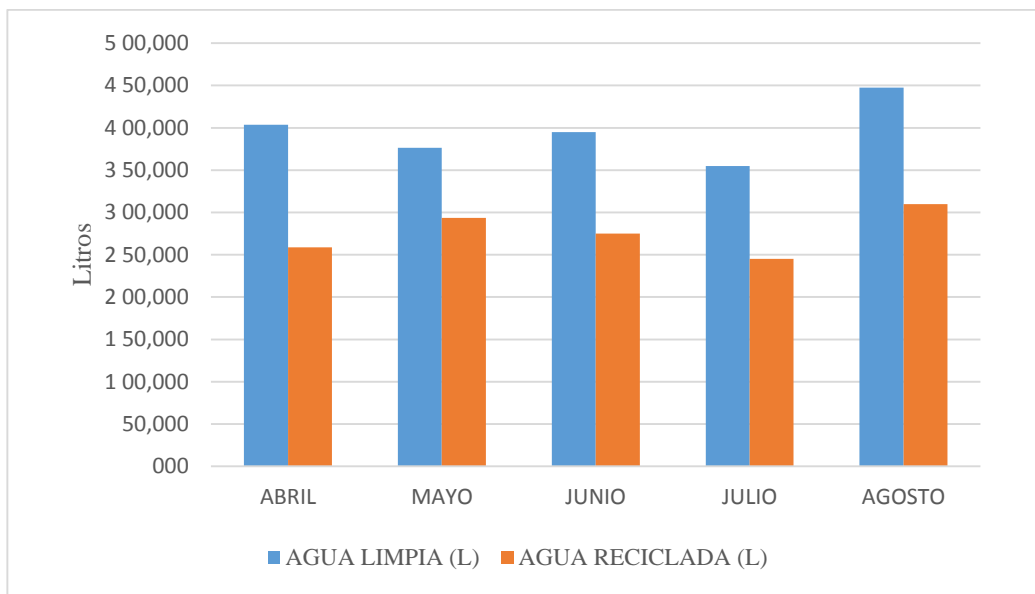
Al término de la semana, las tres tinas eliminan totalmente el agua de los pozos, debido a que se hace mantenimiento. El consumo total de agua limpia que utiliza la empresa para el proceso de teñido y lavado de la lana es de 403 750 litros y se ha logrado reutilizar 258 750 litros, donde el total de agua entrante es arrojado a la red de alcantarillado sin un previo tratamiento.

El consumo de agua de los siguientes meses se describe en la Tabla N° 9: en el mes de mayo se ha consumido 376 250 litros de agua limpia y se ha logrado reutilizar 293 750 litros de agua. En el mes de junio 395 000 litros de agua limpia y 275 000 litros de agua reciclada. En julio, 355000L de agua limpia y 245 000 litros de agua reciclada. En agosto, el mes de mayor producción, se han utilizado 447 500 litros de agua limpia de los cuales se han reutilizado 310 000 litros.

**Tabla N° 9. Consumo de agua Limpia y Agua Reciclada usada en el proceso de teñido (Abril – Mayo) 2014**

Mes	Agua limpia (L)	Agua reciclada (L)
<b>Abril</b>	403 750,00	258 750,00
<b>Mayo</b>	376 250,00	293 750,00
<b>Junio</b>	395 000,00	275 000,00
<b>Julio</b>	355 000,00	245 000,00
<b>Agosto</b>	447 500,00	310 000,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.



**Figura N° 6. Consumo de agua Limpia y Agua Reciclada usada en el proceso de teñido (Abril – Mayo) 2014**

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

El agua que en su totalidad al culminar la semana es arrojada a la red de alcantarillado, posee las características físico - químicas que se muestran en las tablas N° 10 y 11. La tabla N° 10 evidencia las características físico - químicas del agua residual de teñido, y la tabla N° 11 del agua residual de blanqueado.

Las muestras de agua que sirvieron para analizar las características físicas y químicas, se tomaron bajo los métodos normalizados por American Public Health Association. Para lo cual antes de llenar el envase que contendrá la muestra, se lavó dos veces con el agua residual que se recogió. Se llenó un envase de vidrio de color ambar con un litro de contenido de agua residual de teñido dejando el 1% de espacio de la capacidad del envase, esta muestra sirvió para hacer los análisis de SST, Pb, Cd, Dureza, pH y DBO<sub>5</sub>; para los análisis de aceites y grasas se tomó una muestra de 2 litros en un envase de polipropileno. Las dos muestras que se utilizaron para el análisis se obtuvieron a la salida de las tres tinajas que se usan para el teñido de las madejas de lana acrílica; por lo que se puede decir que la muestra es compuesta, ya que es la combinación de tres muestras simples. La misma secuencia se siguió para tomar las muestras del agua residual de blanqueado; pero a diferencia que con las muestras de las aguas de teñido, las muestras del agua de blanqueado son muestras simples, porque se tomó la muestra a la salida de la tina teñida, que es la única tina en la que se blanquea las madejas de lana. Las pruebas de laboratorio fueron realizadas en el Laboratorio de Calidad de Suelos y Agua de la Universidad La Molina en la ciudad de Lima.

Adicionalmente se desarrolló un examen de Sólido Totales en el laboratorio de la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, que dio como resultado que el agua residual contiene 2 144 mg/L de Sólidos Totales. El método que se utilizó se describe en el Anexo 42.

**Tabla N° 10. Resultados de Análisis físico – químicos del agua residual de teñido**

<b>AGUA RESIDUAL DE TEÑIDO</b>		
<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>SST</b>	mg/L	994,0
<b>Plomo</b>	mg/L	0,00
<b>Cadmio</b>	mg/L	0,00
<b>Dureza total</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	127,75
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	14,80
<b>pH</b>		6,77
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mgO <sub>2</sub> /L	42,00

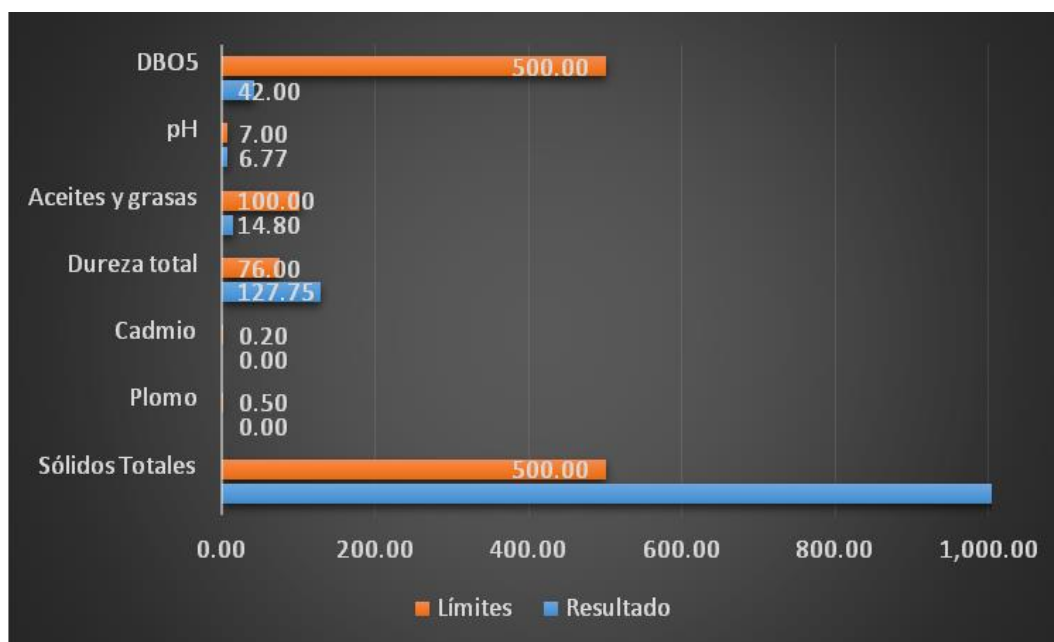
Fuente: Laboratorio de Calidad de Suelos y Agua de la Universidad La Molina

**Tabla N° 11. Resultados de Análisis físico – químicos del agua residual de blanqueado**

<b>AGUA RESIDUAL DE BLANQUEADO</b>		
<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>SST</b>	mg/L	100
<b>Plomo</b>	mg/L	0,00
<b>Cadmio</b>	mg/L	0,00
<b>Dureza total</b>	mg CaCO <sub>3</sub> /L	327,35
<b>Aceites y grasas</b>	mg/L	98,00
<b>pH</b>		3,61
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mgO <sub>2</sub> /L	9,00

Fuente: Laboratorio de Calidad de Suelos y Agua de la Universidad La Molina

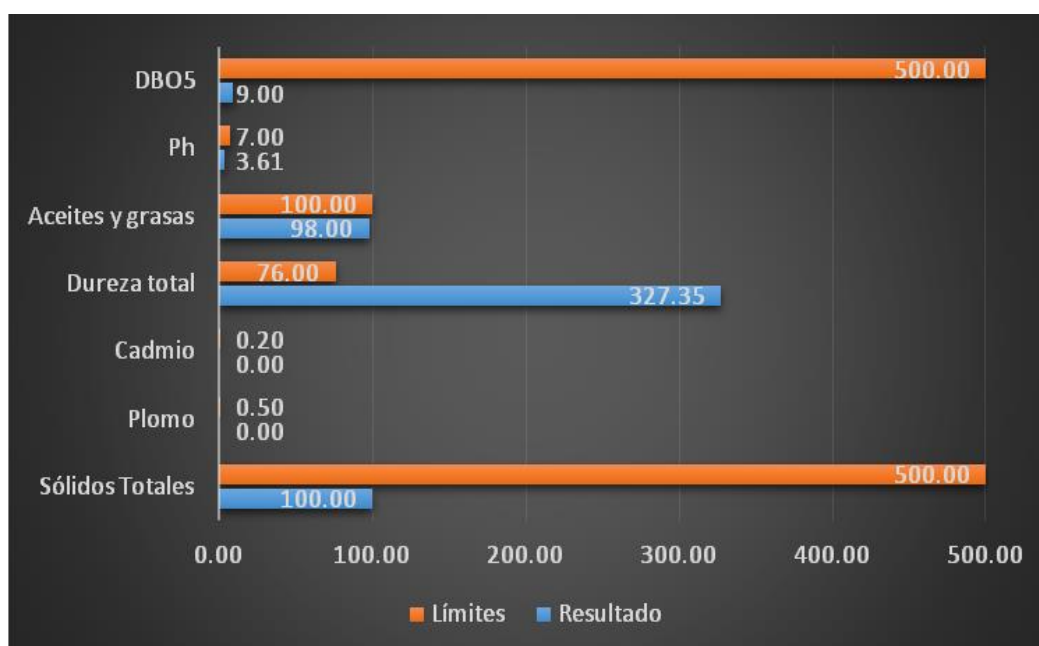
Los resultados de las pruebas físico – químicas dieron como resultado para el caso del agua de teñido que el agua que se arroja a la red pública con un valor de 127,75 mg CaCO<sub>3</sub>/L de dureza, lo que impide la reutilización de esta agua en el proceso de teñido puesto que la dureza que se requiere es de 22 CaCO<sub>3</sub>/L. Del mismo modo, los resultados obtenidos sobre pasan el límite de Sólidos Suspendidos Totales que es 500 mg/L según normativa nacional de emisión de aguas residuales al alcantarillado, puesto que las aguas residuales que emite la empresa presentan un valor de 994,0 mg/L de Sólidos Suspendidos Totales. En la figura N° 7 se presenta una comparación entre los valores del resultado de las características físico – químicas que posee el agua residual de la empresa y los límites Máximos Permisibles que se exige según normativa; como se evidencia en la variable de DBO<sub>5</sub> el valor es menor al permisible, siendo este 42 mgO<sub>2</sub>/L y valor permisible 500 mgO<sub>2</sub>/L, el pH de la empresa, el valor del pH está cerca de lo ideal con un valor de 6,77; a comparación de los límites máximos permisibles el valor de aceites y grasas, 14,80 mg/L, los valores de cadmio y plomo están en cero, y como ya se ha mencionado anteriormente los valores de dureza y sólidos suspendidos totales están superando los límites máximos permisibles.



**Figura N° 7. Comparación de los resultados y los límites Permisibles del agua Residual de Teñido**

Fuente: Propia.

En el caso del agua proveniente de blanqueado, los resultados de las pruebas físico – químicas dieron está bajo los límites del pH normal del agua, presentando un pH de 3,61 lo que indica que el agua a la salida de este proceso es demasiado ácida. En los resultados también se evidencia que el agua es muy dura puesto que el valor a la salida es de 327,35 mg CaCO<sub>3</sub>/L, imposibilitando al igual que en el agua de teñido, la reutilización de esta agua para el proceso, la comparación de los valores de las características físico – químicas se encuentran en la figura N° 8.



**Figura N° 8. Comparación de los resultados y los límites Permisibles del agua Residual de Blanqueado**



Fuente: Propia.

### **3.2. Determinación del sistema de tratamiento para el agua residual del área de Tintorería.**

#### **3.2.1. Esquematización de la selección de tecnología para el tratamiento del agua residual de teñido.**

Para la elección del tratamiento se ha tomado en cuenta algunos factores, presentes en la tabla 12, que son muy importantes de acuerdo a la condición actual de la empresa: las características del agua residual, el espacio necesario de la tecnología y disponible en la empresa, objetivos del tratamiento, aspectos tecnológicos, disponibilidad de recursos, costos, capacidad y disponibilidad a pagar.

Teniendo en cuenta la investigación de las alternativas de tratamiento, se muestra en el anexo 45 el formato que se utilizó para realizar una comparación de las tecnologías de tratamiento respecto algunas variables que se identificaron en la Tabla N° 12. Con el formato que se muestra en el anexo 45, se evalúa de forma cualitativa en el rango de alto (A), medio (M) y bajo (B), estas calificaciones se hace de acuerdo a la magnitud que representen cada variable, en el caso de remoción de sólidos totales: si la remoción es mayor a 90% estará en la calificación de A, si varía entre 60 – 90% estará en la calificación de M y si es menor a 60% es de calificación B.

De acuerdo a los resultados obtenidos, dependiendo de las características propias de las alternativas de tratamiento, modo de operación y mantenimiento, recursos requeridos e impacto ambiental determinan la aplicabilidad y adaptación a las necesidades de la empresa.

**Tabla N° 12. Factores y Variables considerados en el proceso de selección del tratamiento de las aguas residuales de Teñido.**

Factor	Variable
Características del agua residual	- Composición del agua residual.
Espacio de Tecnología	- Área disponible en la empresa.
Costos	- Costos de Inversión. - Costos de mantenimiento. - Recuperación de recursos.
Aspectos Tecnológicos	- Impacto ambiental del sistema de tratamiento. - Eficiencia del tratamiento.
Objetivo de Tratamiento	- Expectativas de calidad del efluente. - Descarga del efluente. - Estándares de reutilización en el proceso de teñido.

Fuente: Propia.

El esquema general de la selección se desarrolla en un diagrama de bloques (Figura N° 9) constituidos por siete fases secuenciales. La selección se realiza en cada fase, con la ayuda de un diagrama de decisión, donde se hará entrada de los datos necesarios en cada etapa.

La primera fase de la selección se evalúa la disponibilidad de espacio de la empresa en función del área requerida por cada tecnología. El área requerida deberá compararse con el área que cuenta tintorería dentro de la empresa. Para la estimación de los rangos de área requerida por el sistema de tratamiento, fue tomar en cuenta las características y valores sugeridos en la literatura. En el anexo 46 se muestra el formato de selección de sistemas de tratamiento en función de la disponibilidad de área.

Dado que los sistemas de tratamiento están condicionados por la temperatura del agua residual, a la salida del proceso de tintorería, para alcanzar la eficiencia, en la fase 2 de la selección se consideraron los parámetros de temperatura determinando dos rangos:  $<34^{\circ}\text{C}$ ,  $>34^{\circ}\text{C}$ ; en el anexo 47 se muestra el formato que se usó para evaluar la tecnología.

En la fase 3 se toma en consideración el nivel de tratamiento a alcanzar por las tecnologías, para esto es necesario tener claro el objetivo del tratamiento (reutilización dentro del proceso). La oportunidad de reutilización en cuenta los parámetros que necesita el agua en la entrada del proceso de teñido y para el lavado de lana teñida: dureza de 22 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , pH 6,5 – 7,5, etc. Además, se introduce información relacionada con el tipo de cuerpo receptor (red de alcantarillado), donde se tomará en cuenta los criterios o normas de vertimiento vigentes para descarga a cuerpos receptores.

En la fase 4 se considera la disponibilidad de recursos de la empresa para la construcción, operación y mantenimiento de sistema de tratamiento. La complejidad de una tecnología de tratamiento depende de la disponibilidad de recursos y de la mano de obra calificada para operar y mantener el sistema. En este aspecto, se debe tener en cuenta los insumos y los equipos que son necesarios para la tecnología; en cuanto al requerimiento del personal, este debe tener un cierto nivel de capacitación que permita operar y mantener de manera correcta el sistema y además estén preparados para actuar ante incidentes inesperados en el tratamiento. Cuando se han obtenido soluciones sostenibles en cuanto a los aspectos tecnológicos, se analizan los costos de implementación, operación, mantenimiento, y administración y la capacidad

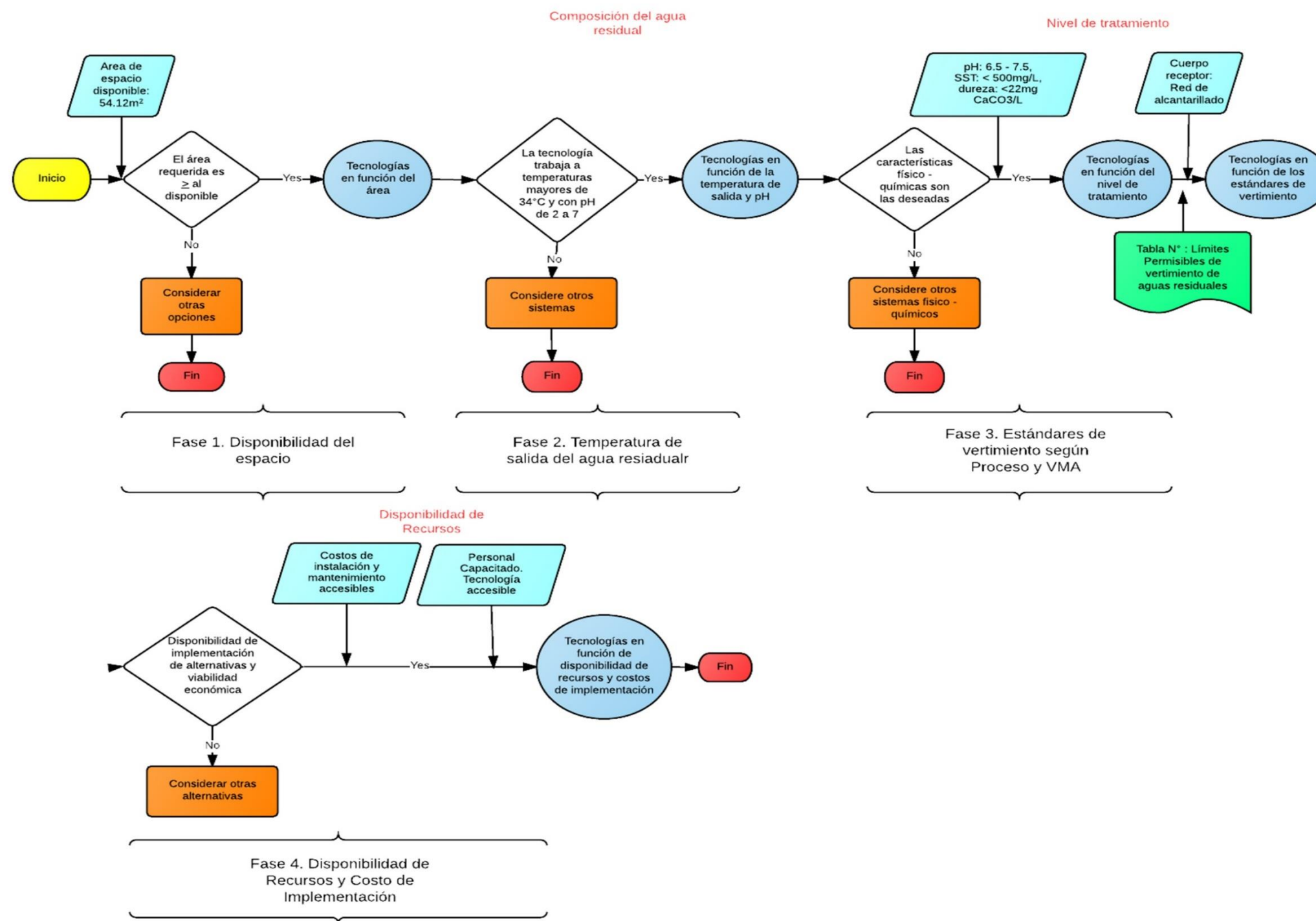


Figura N° 9. Esquema de Selección de la Tecnología de Tratamiento de Agua Residual  
Fuente: Propia

### 3.2.2. Elección de la tecnología para el tratamiento de agua residual de teñido.

Para elegir el sistema que se va utilizar en el tratamiento de aguas residuales, se debe conocer la cantidad de agua que se va a tratar diariamente. Basándose en la data histórica del número de partidas mensuales de los años 2012, 2013, 2014 y 2015 se proyecta mediante el método de variación estacional o cíclica, las partidas y el agua que se utilizará para el proceso de teñido en los próximos tres años: 2016, 2017 y 2018; dicha proyección que se explica en anexo 43, presenta un porcentaje de error del 5 %; los resultados de la proyección de las partidas se muestra en la tabla N° 13. Cabe resaltar que la capacidad de partidas mensuales del área de tintorería es de 350 partidas mensuales, aunque mensualmente se espera llegar a las 298 partidas. Además, el 60% del agua que se usa para el proceso es agua limpia y el 40% es del agua que se recupera de partidas anteriores, pero esta agua ingresa con valores altos de dureza y sólidos en suspensión.

En las Tabla N° 14, 15 y 16 se muestra el consumo proyectado para los años 2016, 2017 y 2018, como se evidencia el consumo varía mes a mes, esto debido a que el consumo ha sido calculado teniendo en cuenta las partidas por mes que se proyectó para dichos años y el consumo medio por partida que es de 2 500 litros o expresado en metros cúbicos sería 2,5 m<sup>3</sup>. De acuerdo al cálculo realizado se tiene que el mayor consumo de agua se tiene en los meses de marzo, agosto y octubre.

Un aspecto muy importante para el diseño del sistema es tener en cuenta su máxima capacidad diseñada, para lo cual nos apoyaremos en la capacidad máxima a la que está diseñada el área de tintorería, es decir en las 350 partidas de teñido para la cual está diseñada, a este dato le multiplicamos los 2,5 m<sup>3</sup> de agua que se usa por partida, y se obtiene la cantidad de agua que se consumiría en caso se llegara a su capacidad máxima; por lo que se tiene que el sistema debe estar diseñado para tratar 875 m<sup>3</sup> mensuales, y 33,65 m<sup>3</sup> diarios debido a que durante el mes sólo se trabajan 26 días, los resultados de este cálculo se muestran en la Tabla N° 17.

**Tabla N° 13. Proyección de las partidas de teñido de madejas de lana acrílica 2016 – 2018, en los meses de Enero – Diciembre.**

Período	Pronóstico del Año	Pronóstico del Año	Pronóstico del Año
	2016	2017	2018
	Paradas	Paradas	Paradas
Enero	292	297	302
Febrero	278	283	288
Marzo	306	311	317
Abril	284	289	294
Mayo	289	294	299
Junio	282	287	292
Julio	262	266	271
Agosto	315	320	326
Setiembre	285	290	295
Octubre	323	329	334
Noviembre	291	296	301
Diciembre	254	258	263

Fuente: Propia.

**Tabla N° 14. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2016 en los meses de Enero – Diciembre.**

Año 2016				
Mes	Consumo de agua Total (m³)	Consumo de Agua Limpia (m³)	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	730.05	429.71	4,365.81	1,408.33
febrero	695.93	409.62	4,161.72	1,342.49
marzo	765.52	450.58	4,577.90	1,476.74
abril	710.65	418.28	4,249.76	1,370.89
mayo	722.02	424.98	4,317.79	1,392.84
junio	705.74	415.40	4,220.42	1,361.42
julio	654.88	385.46	3,916.29	1,263.32
agosto	786.93	463.18	4,705.95	1,518.05
septiembre	712.88	419.60	4,263.10	1,375.19
octubre	808.34	475.79	4,834.00	1,559.36
noviembre	726.26	427.47	4,343.13	1,401.01
diciembre	635.25	373.91	3,798.91	1,225.45

Fuente: Propia.

**Tabla N° 15. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2017 en los meses de Enero – Diciembre.**

Año 2017				
Mes	Consumo de agua Total (m³)	Consumo de Agua Limpia (m³)	Costo (S/.)	Costo (US\$)
Enero	742.64	437.11	4,441.08	1,432.61
Febrero	707.92	416.68	4,233.48	1,365.64
Marzo	778.72	458.35	4,656.83	1,502.20
Abril	722.90	425.50	4,323.03	1,394.53
Mayo	734.47	432.31	4,392.23	1,416.85
Junio	717.91	422.56	4,293.18	1,384.90
Julio	666.17	392.11	3,983.81	1,285.10
Agosto	800.50	471.17	4,787.09	1,544.22
septiembre	725.17	426.83	4,336.60	1,398.90
octubre	822.28	483.99	4,917.35	1,586.24
noviembre	738.78	434.84	4,418.01	1,425.17
diciembre	646.21	380.35	3,864.41	1,246.58

Fuente: Propia.

**Tabla N° 16. Proyección del consumo de agua en el proceso de teñido del 2018 en los meses de Enero – Diciembre.**

Año 2018				
Mes	Consumo de agua Total (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (\$/.)	Costo (US\$)
Enero	755.23	444.52	4,516.35	1,456.89
febrero	719.92	423.74	4,305.23	1,388.78
marzo	791.91	466.12	4,735.76	1,527.66
Abril	735.15	432.71	4,396.30	1,418.16
Mayo	746.92	439.63	4,466.68	1,440.86
Junio	730.08	429.72	4,365.95	1,408.37
Julio	677.47	398.75	4,051.33	1,306.88
agosto	814.07	479.16	4,868.22	1,570.39
septiembre	737.46	434.07	4,410.10	1,422.61
octubre	836.22	492.19	5,000.69	1,613.13
noviembre	751.30	442.21	4,492.90	1,449.32
diciembre	657.16	386.80	3,929.90	1,267.71

Fuente: Propia.

**Tabla N° 17. Consumo máximo de agua mensual para el proceso de teñido de lana acrílica.**

Consumo máximo mensual de agua limpia		
<b>Mensual (m<sup>3</sup>)</b>	875,00	
<b>Diario (m<sup>3</sup>)</b>	33,65	26 días
<b>por hora (m<sup>3</sup>/h)</b>	2,80	12 horas
<b>por minuto (m<sup>3</sup>/min)</b>	0,07	60 min
<b>por segundo (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,001	
<b>L/s</b>	1,17	

Fuente: Propia.

Las alternativas de tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales se obtuvieron mediante investigación de literatura científica; basada en pruebas pilotos y experiencias en empresas similares.

Las tecnologías encontradas para el tratamiento de aguas residuales de teñido son: fotocátalisis, adsorción mediante zeolita, tecnología de ozonificación y electrocoagulación. Y para su estudio se clasificó en el orden que se indica en la tabla N° 18.

**Tabla N° 18. Orden de las tecnologías de tratamientos de aguas residuales para la evaluación en la investigación**

N° de opción	Tecnología de tratamiento
Opción 1	Fotocátalisis
Opción 2	Adsorción mediante zeolitas
Opción 3	Ozonificación
Opción 4	Electrocoagulación

Fuente: Propia.

Antes de empezar con la evaluación se describirán brevemente cada una de las características de las opciones que se han elegido como adecuadas para el tratamiento de aguas residuales.

**Opción 1: Fotocatálisis.** El proceso de fotocatálisis se basa en la transferencia de carga a través de la interfaz entre el semiconductor y la solución acuosa contaminada. En la interfaz de estos dos componentes se da una redistribución, la cual se extiende significativamente ambos lados. En la fotocatálisis se necesita la presencia de un semiconductor, en el cual la conductividad aumenta con la temperatura, pero ésta es menor que en los metales. Uno de los aspectos más relevantes es la generación del par electrón-hueco que es el principio por el cual se fundamenta la fotocatálisis, ya que por este modelo se explica la absorción de los fotones y la distribución de diferentes estados electrónicos en la superficie, y gracias a este fenómeno se puede dar la degradación de moléculas orgánicas, colorantes y metales como cadmio, níquel, mercurio, cobre, cromo, entre otros. (Jaramillo y Taborda, 2006).

Las características principales de la fotocatálisis son:

- En la solución se presenta más de una fase, ya que el semiconductor es sólido.
- Generalmente los reactantes y los productos son líquidos o gaseosos.
- Las reacciones ocurren en la interfase del material.
- Los semiconductores poseen una gran área superficial, como por ejemplo la silica-alumina que llega a tener un área de 300 m<sup>2</sup> /g.

**Opción 2: Adsorción mediante Zeolita.** La adsorción es el proceso por el cual los iones o moléculas son retenidos sobre la superficie de un sólido. El sólido recibe el nombre de adsorbente y la sustancia que es adsorbida el nombre adsorbato. (Sans y Rivas, 1989). En este caso el adsorbente sería la zeolita con la que se pretende reducir la dureza con la que sale el agua del proceso de teñido. La zeolita tiene la capacidad de remover de 7 000 a 12 000 gramos de dureza por metro cúbico, y es que los cristales de zeolita se caracterizan como tamices moleculares debido a su composición química, tal como lo muestra la tabla N° 19.

**Tabla N° 19. Características físico – químicas de la zeolita natural**

S <sub>N2</sub> (m <sup>2</sup> /g) <sup>a</sup>	205
pH <sub>PZ</sub> <sup>b</sup>	7,9
SiO <sub>2</sub> (%) <sup>d</sup>	75,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) <sup>d</sup>	14,86
CaO (%) <sup>d</sup>	4,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) <sup>d</sup>	2,02
MgO (%) <sup>d</sup>	1,01
K <sub>2</sub> O (%) <sup>d</sup>	0,72
TiO <sub>2</sub> (%) <sup>d</sup>	0,36
Na <sub>2</sub> O (%) <sup>d</sup>	1,51
Pérdida por Ignición (%) <sup>c</sup>	11,43

<sup>a</sup> Área superficial determinada por adsorción de N<sub>2</sub> a 77 K.

<sup>b</sup> Determinado por valoración ácido-base con NaOH (0.1 M) o HCl (0.1 M), en presencia de NaCl como electrolito inerte (10<sup>-1</sup> M, 10<sup>-2</sup> M, 10<sup>-3</sup> M.)

<sup>c</sup> Concentración de sitios activos determinados por valoración ácido-base con NaOH (0.1 M) o HCl (0.1 M).

<sup>d</sup> Determinados por fluorescencia de rayos-X

Fuente: Eliminación de colorantes catiónicos usando ozono, zeolita natural y ozono/ zeolita. Valdez, Tardón y Zaror (2009)

Opción 3: Ozonificación. La ozonificación se usa mayormente para oxidar la materia orgánica de las aguas industriales, esto se logra al contacto y reacción con el ozono. El ozono es un gas que se produce al pasar el oxígeno a través de un campo eléctrico, por lo cual se requiere aproximadamente 11 Kwh de energía eléctrica para producir 0,45 kg de ozono a partir del aire. Y se utilizan de 0,68 a 1,14 kg de ozono por cada kg de materia orgánica disuelta oxidada. Esta forma de tratamiento se ha encontrado especialmente adecuada para la oxidación de residuos fenólicos. (Nemerow y Dasgupta, 1998).

Opción 4: Electrocoagulación. Es una técnica donde los contaminantes de muy diversos efluentes son removidos aplicando el principio de la coagulación, pero en este caso no se hace uso de un coagulante químico (cuya función es llevado a cabo por corriente eléctrica que es aplicado al medio líquido contaminado). En la electrocoagulación se desestabiliza las partículas de los contaminantes que se encuentran suspendidas, emulsionadas o disueltas en un medio acuoso, induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, siendo el hierro y el aluminio los más utilizados. (Restrepo, Arango y Garcés, 2006).

**Fase 1. Disponibilidad de espacio:** en esta primera fase se diferenciaron las tecnologías de acuerdo al área que es necesaria para la implementación del sistema de tratamiento, para cual se ha considerado el área libre dentro del área de teñido con el que cuenta la empresa que es de 54,12 m<sup>2</sup>. El volumen de agua que se pretende recuperar en promedio al día es de 33,65 m<sup>3</sup>.

**Opción 1:** de acuerdo con la investigación de Garcés y Peñuela en el 2007, para tratar una muestra 32,57 litros de agua residual se usó un colector solar compuesto por 3 módulos, de ocho tubos de vidrio de 48 mm de diámetro externo y de 150 cm de largo, cada módulo, ocupando un área total de 1,73m<sup>2</sup>. En el caso de la empresa Hilados Richard's S.A.C., se necesita recuperar los 33,65 m<sup>3</sup>/día, calculando con los datos de la investigación anteriormente mencionada, se necesitan 3 093 módulos de 8 tubos cada uno, cubriendo un área total de 1 763,01 m<sup>2</sup>; área que debe estar expuesta a la radiación solar. Adicionalmente, la investigación indica que se necesita láminas de aluminio para permitir la reflectancia de la radiación ultravioleta de la luz solar y para los tubos de vidrio se necesita conexiones de PVC. La figura N° 10 muestra el colector solar que se utilizó en la investigación para la muestra de 32,57 litros de agua residual.





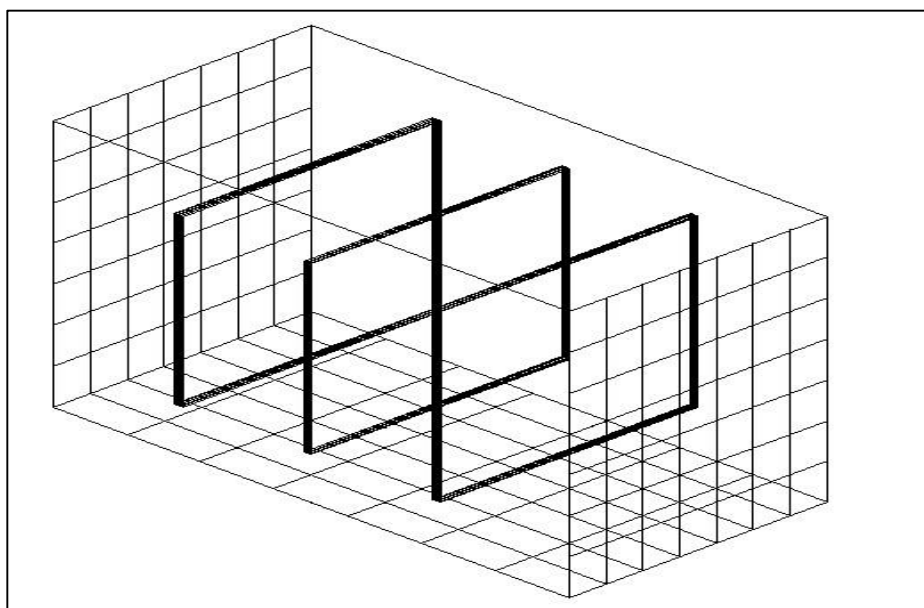
**Figura N° 10. Módulo de Colector Solar.**

Fuente: Tratamiento de aguas residuales de la Industria Textil por medio de fotocatalisis. Garces y Peñuela (2007)

**Opción 2.** Otras de las opciones es la utilización de tecnología de adsorción mediante el mineral natural zeolita, que para este uso específico, tratamiento de aguas residuales de teñido, se necesitara con un tamaño de partículas promedio en el rango 0,60 – 0,85mm, la cual cuenta con una composición de clinoptolita (53%), mordenita (40%) y cuarzo (7%).

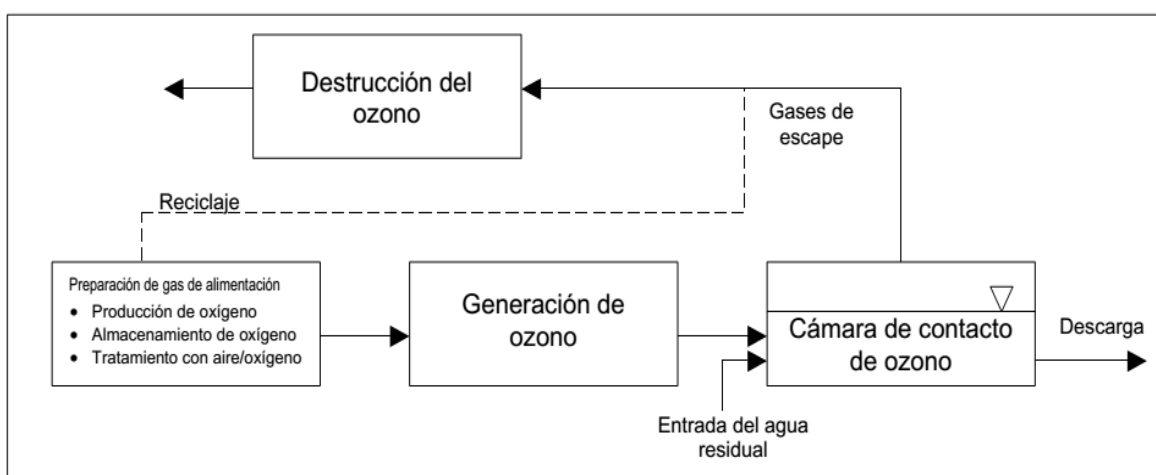
Como se requiere remover 357,70 g de  $\text{CaCO}_3$  del agua por hora contenidas en 2,80  $\text{m}^3/\text{h}$  de agua provenientes del teñido, se utilizará 0,68  $\text{m}^3$  de zeolita en un contenedor de adsorción de capacidad de 4  $\text{m}^3$ , que permita tratar los 2,80  $\text{m}^3/\text{h}$  de agua que salen del proceso de teñido. Debido a que la zeolita remueve la dureza, se necesita un tratamiento primario que ayude a eliminar los sólidos suspendidos que se encuentran en el agua residual de teñido, para lo cual se recomendó utilizar canales de sedimentación. Según la recomendación de la empresa mexicana Zeolitas e Insumos Nacionales S.A. de la ciudad de Cuernavaca, el área recomendada para un sistema de tratamiento con zeolitas, con el volumen diario que se maneja en la planta, es de 10  $\text{m}^2$ .

**Opción 3.** Como tercera opción se presenta la electroquímica, para lo cual se necesitará tres electrodos de dimensiones de 1,03 m de largo por 1 m de ancho por 3 cm con una separación de 50 cm entre electrodos, el sistema constará de dos ánodos y un cátodo que eliminarán solidos suspendidos totales y la dureza elevada del agua de teñido. El funcionamiento del sistema será en batch, con una capacidad de 2 800 litros de un tiempo de 60 minutos en cada batch, el área total requerida para el sistema es de 20,16  $\text{m}^2$  y su distribución está dada según la Figura N° 11. Estas dimensiones se calcularon en base a los datos de la investigación de Morales y Acosta del 2010, quienes para tratar 10 litros de agua residual utilizaron placas de 9,91 cm de largo por 3,725 cm de ancho por 3 mm de espesor, con un área superficial de 720  $\text{cm}^2$ .



**Figura N° 11. Distribución de los electrodos del sistema de electrocoagulación**  
Fuente: Propia

**Opción 4.** La última opción a evaluar es la tecnología de ozonificación, para este sistema es necesario un generador de aire – ozono en un reactor cilíndrico, que con la ayuda de un difusor cilíndrico poroso se transferirá el ozono al volumen de agua que se desea tratar. Para unir el generador y reactor se deberá utilizar una conexión de tubería. El diagrama esquemático del proceso de ozonificación se presenta en la figura N° 12. Para el almacenamiento del agua se necesita un tanque de capacidad de 3 m<sup>3</sup>/h, que tendrá un área superficial de 2 m<sup>2</sup>. En la investigación de Valdes, Tardón y Zaror del 2009, se usó un estanque de 1 dm<sup>3</sup> para una muestra de 0,5 litros, en el caso de la empresa que necesita tratar 2,8 m<sup>3</sup> se deberá usar un estanque de 5,6 m<sup>3</sup>, el cual tendrá un área superficial de 4m<sup>2</sup>, sumando un área total de 6 m<sup>2</sup>. (Anexo 56)



**Figura N° 12. Diagrama Esquemático del proceso de ozonificación.**  
Fuente: Folleto informativo de tecnología de aguas residuales, U.S. EPA, 1999.

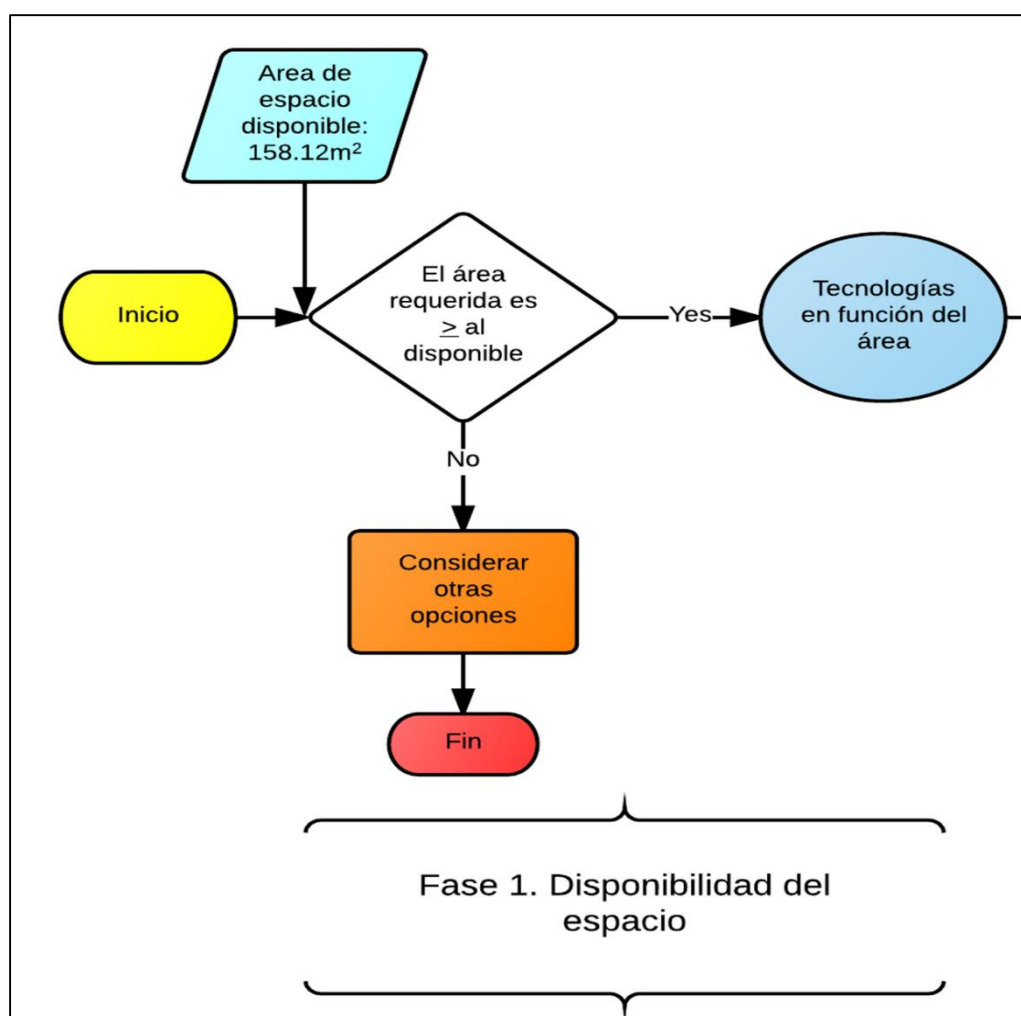
Una vez que se ha calculado el área necesaria para cada una de las tecnologías se procede a clasificarlas según la Tabla N° 20 que pertenece a la primera fase de la selección de tecnología para el tratamiento de aguas residual de teñido (Figura N° 13)

En esta primera etapa las tecnologías que son apropiadas de acuerdo al espacio con el que cuenta la empresa son: adsorción con zeolita, electrocoagulación y ozono; quedando fuera la fotocátalisis debido al limitante del área que sobrepasa los  $54,12 \text{ m}^2$ , las tres tecnologías que pasaron en esta primera fase, pasarán a ser evaluadas en la segunda fase: Nivel de tratamiento a alcanzar.

**Tabla N° 20. Selección de Tecnología en función de la disponibilidad de espacio en la empresa.**

Área necesaria ( $\text{m}^2$ )	Tecnología de tratamiento
$<54,12 \text{ m}^2$	Adsorción con zeolita, tratamiento electroquímico
$>54,12 \text{ m}^2$	Fotocatálisis

Fuente: Propia.



**Figura N° 13. Fase 1 de la elección de tecnologías de tratamiento: Disponibilidad del espacio**  
Fuente Propia.

## Fase 2. Temperatura y pH de salida de agua residual

Durante el proceso de teñido el agua es elevada hasta los 90 °C para agotar el colorante, al término del proceso se disminuye la temperatura a un rango de 34 °C a 37 °C para poder descargar el material, es por eso que la temperatura es un aspecto importante en la tecnología que se debe utilizar, para lo cual se utilizará la Tabla N°21 para clasificar cuál de las que pasaron la primera etapa van acorde con el tipo de aguas que se tratarán. Así como también se tomará en cuenta el pH de salida, que en el caso de blanqueamiento, el agua es ácido con un pH de 3,65 y en el caso de teñido es de 6,77.

**Opción 2.** La tecnología de adsorción con zeolita trabaja a cualquier temperatura, en la investigación realizada por Valdez en el 2009 se demuestra que tanto la temperatura como el pH del agua residual no altera los resultados obtenidos al final del tratamiento, ya que se trabajó con muestras de temperatura mayores y menores a 34 °C y muestras de pH 2, 6 y 8; por lo tanto esto la convierte en una opción viable.

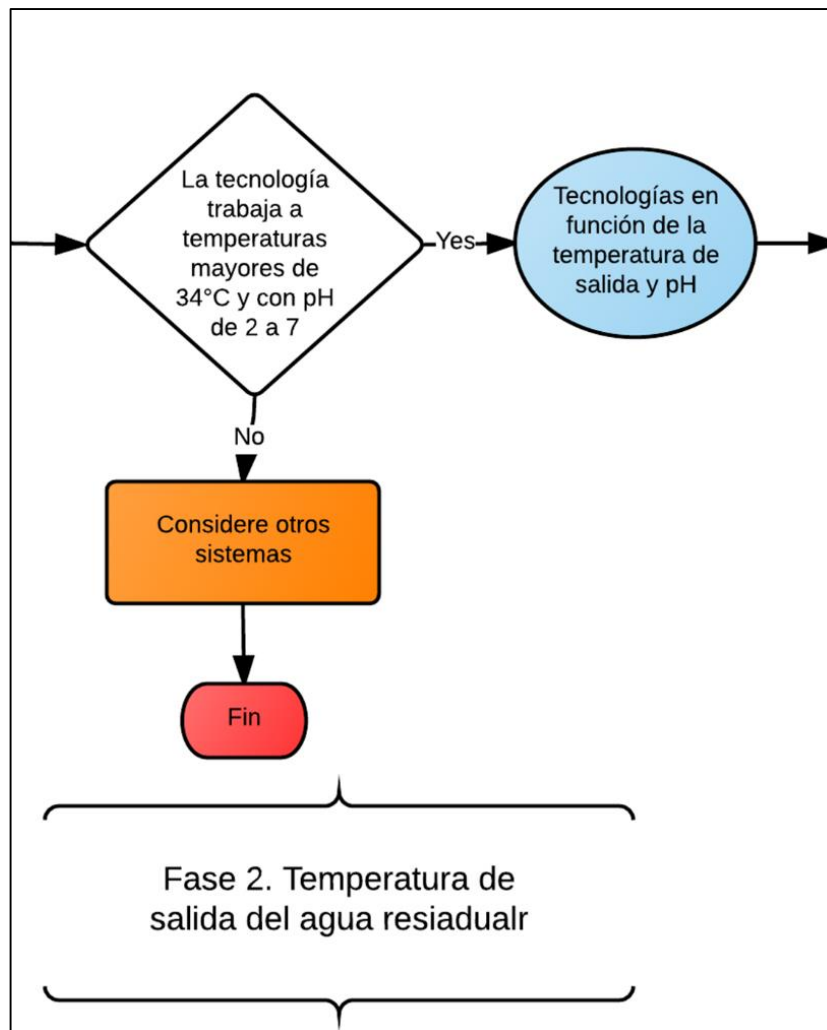
**Opción 3.** En el caso de la electrocoagulación, en la investigación realizada por Gutierrez en el 2001 se trabajó con muestras mayores a la temperatura de 34°C por lo que esta tecnología también es tomada en cuenta para la siguiente fase. El pH en el que trabaja esta tecnología varía de 2 a 11 siendo el óptimo un pH de 4.

**Opción 4.** La tecnología de ozonificación se debe trabajar a la temperatura de 25 °C para poder obtener resultados adecuados, según la investigación de Selcuk y Meric en el 2006, así como también varía los resultados según el pH del agua residual, obteniéndose mejores resultados cuando trabaja en pH mayores a 7, siendo 11 el pH óptimo para su funcionamiento; por lo tanto mientras más ácida sea el agua pierde efectividad el tratamiento; por lo tanto no pasa la fase 2.

**Tabla N° 21. Selección de Tecnología de tratamiento en función de la temperatura del agua residual a la salida del proceso.**

Rango de Temperatura (°C)	Tecnologías de tratamiento
<34°C	Tratamiento Electroquímico y Adsorción por Zeolita
>34°C	Tecnología de ozonificación

Fuente: Propia.



**Figura N° 14. Fase 2 de la elección de tecnologías de tratamiento: temperatura y pH de salida de agua residual.**

Fuente: Propia

### **Fase 3. Estándares de vertimiento según ley y proceso**

En esta fase se evaluó las tecnologías de acuerdo a los estándares que se tienen que cumplir tanto legales como los necesarios para reutilizar el agua dentro del proceso, para lo cual se comparó los resultados de las investigaciones con los valores establecidos mostrados en las tablas N° 22 y 23. Los datos de la tabla N° 23 se obtuvieron de la empresa Hilados Richard's S.A.C.; puesto que son los estándares que se han establecido para la utilización del agua en el proceso de teñido de las madejas de lana.

**Tabla N° 22. Valores Máximos Admisibles de las descargas de Aguas Residuales no Domésticas**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Expresión</b>	<b>VMA para descargas al sistema de alcantarillado</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</b>	mg/L	DBO5	500
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	mg/L	DQO	1000
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	mg/L	SST	500
<b>Aceites y Grasas (A y G)</b>	mg/L	A y G	100
<b>pH</b>		pH	6 -9
<b>Temperatura</b>	°C	T	<35
<b>Plomo, Pb</b>	mg/L	Pb	0,5
<b>Arsénico, As</b>	mg/L	Al	10
<b>Cadmio, Cd</b>	mg/L	Cd	0,2
<b>Cromo Hexavalente</b>	mg/L	Cr+6	0,5
<b>Mercurio, Hg</b>	mg/L	Hg	0,02

Fuente: Guía de Riesgos Ambientales– MINAM

**Tabla N° 23. Estándares necesarios para el agua de teñido de lana acrílica.**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Expresión</b>	<b>VMA para descargas al sistema de alcantarillado</b>
<b>Sólidos Suspendidos Totales (SST)</b>	mg/L	SST	500
<b>pH</b>		pH	6 – 7
<b>Dureza</b>	CaCO mg/L		22
<b>Color</b>			Agotado

Fuente: Hilados Richard's.

Definidos los valores que se pretenden obtener validaremos las dos tecnologías que pasaron la fase 2, para verificar si se puede reutilizar el agua tratada dentro del proceso de teñido de lana acrílica o si solo cumple con los parámetros para ser descargada en la red de alcantarillado público.

### **Opción 2: Adsorción de Zeolita.**

En la investigación de Valdés, Tradón y Zaror (2009), se experimentó con zeolita natural que en su composición contiene clinoptilolita (53%), mordenita (40%) y cuarzo (7%), esta zeolita sirvió de adsorbente para las muestras que se utilizaron. Los experimentos fueron llevados a cabo a 20 °C (porque también se compararon con ozono, pero la temperatura no altera los resultados) en un sistema de reacción compuesto por una

columna de zeolita de 19 cm<sup>3</sup>. La solución de agua residual contenía 30 mg/dm<sup>3</sup> de colorante. El valor del pH fue ajustado a 2, 4, 6 y 8 para lo cual se utilizó ácido clorhídrico. Una vez ajustados los parámetros se pasó a la recirculación del agua residual a través del lecho fijo cargado con zeolita (la zeolita estaba sujeta con lana de vidrio).

Los resultados que se obtuvieron a pH 2, cuando se utilizó zeolita, es que el valor constante de la velocidad constante de pseudoprimer orden de eliminación de colorante es de  $1.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  manteniéndose este resultado en las variaciones de pH 4, 6 y 8. Para condiciones de pH mayor al pH de la zeolita, la superficie adquiere carga negativa, catalizando la formación de radicales hidroxilos y con ellos el aumento de la velocidad de remoción de colorante si es que en conjunto con la zeolita se usara Ozono. Estos resultados se muestran en la Tabla N° 24.

**Tabla N° 24. Resultados de la constante aparente de remoción de colorante en (mg/s) a pH de 2, 6 y 8**

Procesos	Constante aparente de velocidad de pseudoprimer orden x 10 <sup>3</sup> (s <sup>-1</sup> )		
	pH 2	pH 6	pH 8
<b>O<sub>3</sub></b>	0,3	0,5	0,7
<b>ZN</b>	1,2	1,2	1,2
<b>O<sub>3</sub>/ZN</b>	1,8	2,6	3,1

Fuente: Eliminación de colorantes catiónicos usando ozono, zeolita natural y ozono/zeolita - H. Valdés, R. Tradón y C. Zaror (2009)

En conclusión, el uso de Zeolita resulta efectivo para el tratamiento de aguas contaminadas con colorantes catiónicos (colorantes de la misma naturaleza de los usados en la empresa). Para cada pH utilizado la zeolita incrementa la velocidad de remoción de colorante. Otra de las ventajas que sostienen los autores es que la zeolita es un insumo de bajo precio que resulta rentable para utilizarse en el tratamiento de aguas residuales.

Adicionalmente, según la Organización Panamericana de la Salud, que desarrolla investigaciones en el área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental, sostiene que mediante el uso de zeolitas en los procesos de tratamiento de aguas, se pueden retener contaminantes como el amonio, se retienen sólidos suspendidos, de esta manera la demanda de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) disminuyen. Las zeolitas también reducen los olores desagradables.

El porcentaje de clinoptilolita que presenta la zeolita, presenta una capacidad de intercambio iónico y catiónico, reemplazando al Ca y al Mg en las aguas por el Hidrógeno. Las zeolitas naturales también presentan una capacidad de eliminar de 7 000 a 12 000 gramos de dureza por metro cúbico.

Para la eliminación de los Sólidos en suspensión que posee el agua residual se necesitará apoyar a la Zeolita con un tratamiento primario como la sedimentación, como apoyo al tratamiento se adicionara floculante y coagulante para tener una eficiencia de remoción del 70% de SST.

### Opción 3. Tratamiento Electroquímico

En la investigación de A. Chopra, A. Kumar y V. Kumar (2011), utilizándose muestras de 1L de agua residual, a una temperatura de 25° C y a un pH de 9,2 y una duración de 3 horas, con electrolitos de acero inoxidable se obtuvieron resultados dependiendo la densidad de corriente de 12 A/m<sup>2</sup>, 24 A/m<sup>2</sup> y 48 A/m<sup>2</sup>. A una densidad de 12 A/m<sup>2</sup> se obtuvo una eficiencia del 50% en la eliminación de DQO, 55% de eficiencia en la eliminación de color, 400 mg/L de DBO, el pH de 9,2 se redujo a un pH de 8,5; y el consumo de energía es de 296,3 Wh/kgDQO.

A una densidad de 24 A/m<sup>2</sup> el sistema respondió a una eficiencia del 60% en la eliminación de DQO, 60% de eficiencia en la remoción de color, 400 mg/L de DBO, el pH de 9,2 se redujo a un pH de 9,17; y el consumo de energía es de 649 Wh/kgDQO. Los valores de eficiencia aumentaron cuando se trabajó a una densidad de corriente de 48 A/m<sup>2</sup>, teniendo de esa manera una eficiencia de remoción de DQO de 80%, se removió el 90% del color del agua residual, se redujo a 300 mg/L, el valor del pH bajo a 8,96 y el consumo de energía es de 1676 Wh/kgDQO. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla N° 25.

**Tabla N° 25. Resultados obtenidos en el tratamiento electroquímico de aguas residuales de teñido.**

	Densidad de Corriente (Amperio / metro cuadrado)			Unidades
	12	24	48	
<b>Remoción de Demanda Química de Oxígeno</b>	50%	60%	80%	
<b>Remoción de Color</b>	55%	60%	90%	
<b>Valor final de Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	400	400	300	mg/L
<b>Valor final de pH</b>	8,5	9,17	8,96	
<b>Temperatura final</b>	29	28	28,3	°C
<b>Voltaje</b>	3,45	4,58	6,66	V
<b>Tasa de Remoción de DQO</b>	4,66	2,82	1,59	kg/DQO/A/m <sup>2</sup>
<b>Consumo de energía</b>	296,3	649	1676	Wh/kgDQO

Fuente: Overview of Electrolytic treatment: An alternative technology for purification of wastewater - A Chopra, A. Kumar y V. Kumar (2011)

Para verificar la viabilidad en el aspecto de los límites permisibles por ley y de proceso se realizó un análisis cualitativo basado en los resultados anteriormente mencionados de las investigaciones, las calificaciones para cada una de los ítems son de A: Alto, si se tiene una alta eficiencia y se llega a los valores deseados, M: Medio, si los resultados están en la media de los valores que se busca y B: Bajo, si los resultados o requerimientos de energía son de valores mínimos. El análisis cualitativo se muestra en la Tabla N° 26 donde debido a los resultados ambas tecnologías pasan a la siguiente fase: Disponibilidad de recursos y costos de implementación (Figura N° 15)

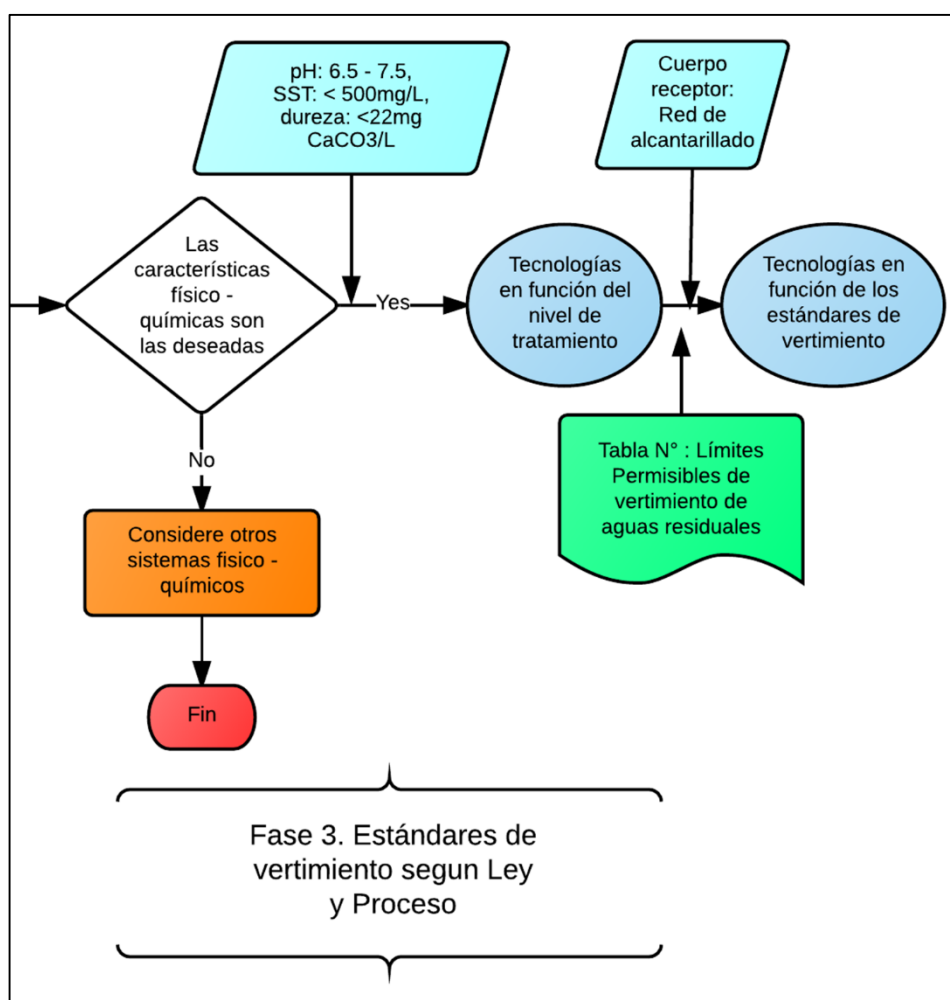


**Tabla N° 26. Matriz de análisis cualitativo de las características de las alternativas de tratamientos.**

Variable	Tecnología	
	Adsorción con Zeolita	Tratamiento Electroquímico
Remoción de Sólidos Totales	M	A
Remoción de DBO5	A	M
Dureza	A	M
Calidad del efluente para reutilización	A	A
Generación de residuos	B	B
Requerimiento de energía y equipos	B	A
Requerimiento de área	B	B

Nota: Las opciones de evaluación son A: Alto M: Medio y B: Bajo

Fuente: Propia.



**Figura N° 15. Fase 3 de la elección de tecnologías de tratamiento: Estándares de vertimiento según Ley y Proceso.**

Fuente: Propia.

#### **Fase 4. Disponibilidad de recursos y costos de implementación**

**Opción 2.** Adsorción con zeolita natural, para el funcionamiento del sistema se requiere adquirir zeolita natural de tipo Clinoptilolita, que de acuerdo a información del mercado actual, se puede adquirir en Perú, en el departamento de Arequipa, a un costo de US\$95.00 por tonelada. Para la llevar a cabo el proceso de regeneración de la zeolita se debe emplear sal industrial, esta se usará después de que la zeolita haya agotado su capacidad de remoción de 7 000 mg a 12 000 mg de dureza; por información del mercado peruano la tonelada de sal industrial se encuentra a un costo de US\$ 40,00 la tonelada.

Para la manipulación del sistema se requerirá un operario que reciba la capacitación debida para poner en marcha el sistema y para la regeneración de la zeolita natural. La simpleza del funcionamiento de este sistema constituye una gran ventaja en este sistema de tratamiento debido a que la capacitación del personal no deberá ser tan exhaustiva. Al necesitar de un operario, se le deberá de reconocer un sueldo básico por ocho horas de trabajo, que según estipula la ley, el monto será de S/. 850,00 mensuales.

**Opción 3.** Tratamiento electroquímico, se requerirá un reactor con dos electrodos de acero inoxidable dispuestos en paralelo y separados entre sí por una distancia determinada. La celda electroquímica deberá estar equipada con un agitador magnético en el fondo para mantener la solución mezclada de forma constante. Cada electrodo tiene un costo de US\$ 5,75 por kilogramo de acero inoxidable

Además de los equipos necesarios, para el funcionamiento se necesitará proporcionar energía eléctrica, tomando referencia de la tarifa BT5BR, la tarifa residencial, el costo de la energía eléctrica es 0,4418 soles/kWh.

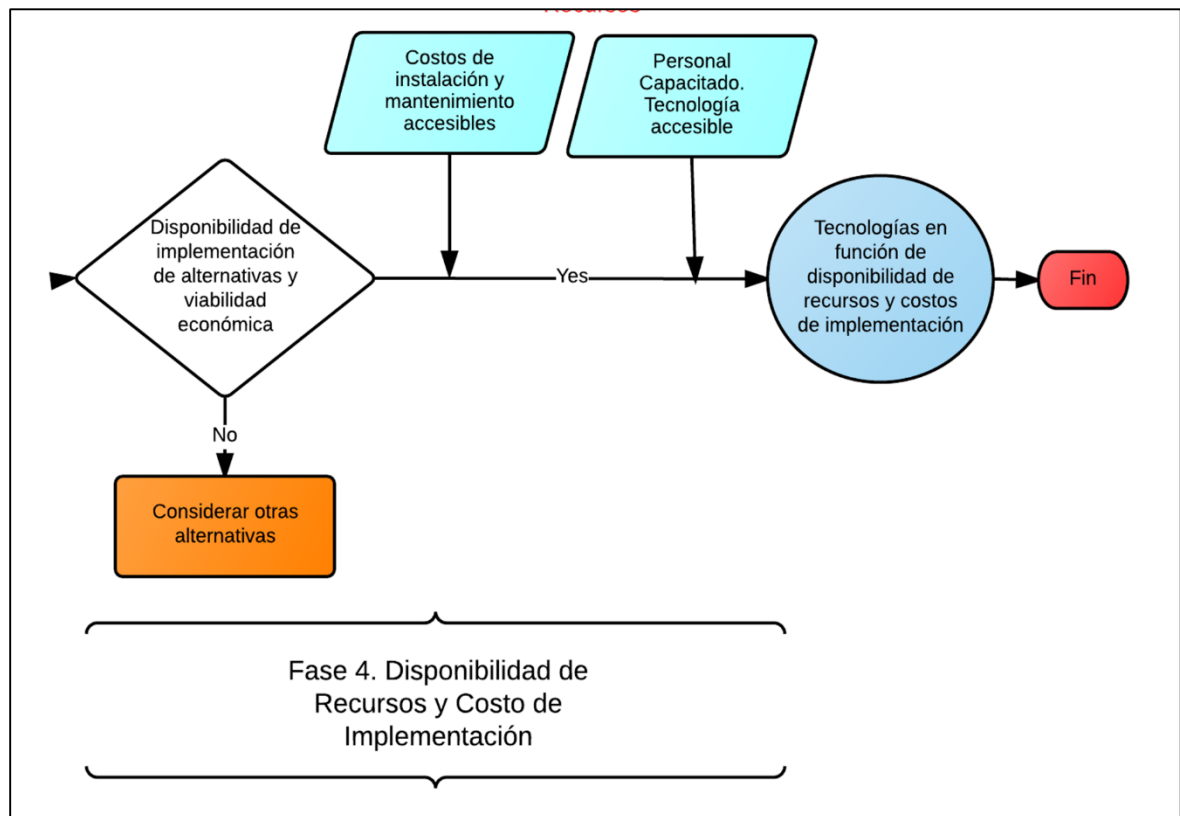
También se necesitará de dos operarios para que se encarguen del sistema y su mantenimiento. Puesto que antes de cada corrida los electrodos deberán ser enjuagados con agua de grifo, luego secados a 103 °C y pesados. Posteriormente, al final de cada corrida, estos serán lavados con agua para remover residuos sólidos de la superficie, secados y vueltos a pesar. Por lo tanto, se requerirá capacitar a los dos operarios para que puedan mantener el sistema según las especiaciones y responder a los incidentes que demande el tratamiento. Al necesitarse dos operarios, debido a la complejidad del tratamiento, se les deberá reconocer el sueldo básico, estipulado por ley, que en total ascendería a S/. 1 700,00 mensuales.

Con el propósito de elegir la tecnología que más se ajusta a las posibilidades de la empresa para adquirir los insumos, y costear los sueldos por personal y mantenimiento del sistema se elaboró la Tabla N° 27 donde se ha comparado dichos costos; concluyéndose que la opción más favorable para la empresa es la opción 2: tratamiento con zeolita natural; debido a este tratamiento requiere un operario menos que supone un menor costo de mano de obra a comparación de la opción 2, no requiere de mucha energía para su funcionamiento (adicional a la usada para el bombeo de agua), los insumos son de menor precio, así como su mantenimiento. Con esta última comparación se ha concluido las 4 fases de selección del tratamiento de agua residual (Figura N°16)

**Tabla N° 27. Comparación de requerimientos de las opciones de tratamientos de agua residual de teñido.**

Descripción	Opción 1		Opción 2	
	Adsorción con zeolita		Tratamiento Electroquímico	
Insumos	Zeolita Natural	0,095 US\$/kg	Electrodo	US\$ 5,75
	Tezontle	0,197 US\$/kg		
Mano de Obra	1 operario	US\$ 284,00	2 operarios	US\$ 586,00
Energía			Agitador	60 kWh/corrida
Mantenimiento	Sal industrial	0,04 US\$/kg	Agua y aire comprimido	
Equipos	2 módulos	US\$ 6464,97	Reactor Electroquímico	US\$ 10 000,00

Fuente: Propia



**Figura N° 16. Fase 4 de la elección de tecnologías de tratamiento: Disponibilidad de Recursos y Costo de Implementación.**

Fuente: Propia

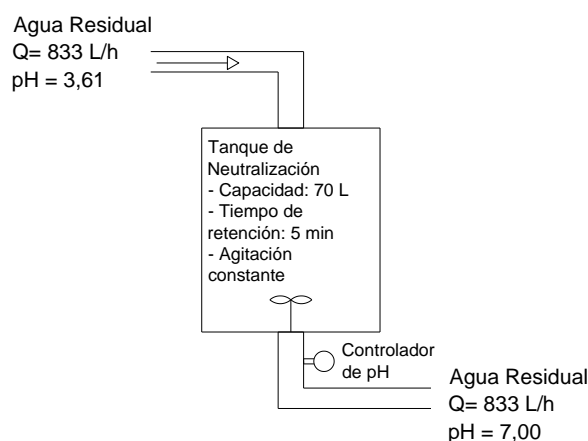
Finalizadas las 4 fases del diagrama de decisiones, se ha elegido como tratamiento la opción 2, adsorción con zeolitas, puesto que esta tecnología se adecua a la empresa tanto en área requerida (10 m<sup>2</sup>), puede trabajar con la temperatura a la que sale el agua residual del proceso de teñido (> 34 °C), elimina la dureza y con la ayuda de un tratamiento primario como la sedimentación elimina hasta en un 70% los sólidos suspendidos totales; y por último, se adecua a la realidad económica de la empresa Hilados Richard's S.A.C.

### 3.3. Diseño del sistema de tratamiento de Aguas Residuales de teñido para su reutilización.

El tratamiento que fue seleccionado es la adsorción con zeolita y la sedimentación como tratamiento primario para la reducción de sólidos en suspensión, que ayudará a reducir la dureza del agua y disminuirá los sólidos suspendidos totales en un 70%. Debido a que en la empresa hay dos procesos en el área de tintorería: el teñido y blanqueado, en el proceso de blanqueado se necesitará un tratamiento previo de neutralización del agua proveniente de la tina tecele.

**Situación 1.** Agua residual de teñido a pH 6,77 con dureza de 127,75 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y Sólidos en Suspensión Totales 994 mg/L. Estos son los valores con los que sale diariamente el agua residual después del teñido de cualquier color.

**Situación 2.** Agua residual del blanqueado a pH 3,61 con dureza de 127,75 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y Sólidos Totales 100 mg/L antes de pasar a los módulos de tratamiento, debe pasar por un proceso de neutralización que elevará el pH a 7, donde se le adicionará óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), para el volumen de 2500 litros de agua residual que salen del proceso de blanqueado se necesitará diariamente 36 kg de Cal. En el proceso de neutralización se utilizará un tanque que estará constantemente en agitación, donde el agua tendrá un tiempo de retención de 5 min, el caudal del proceso de 833 L/h. Para la agitación del tanque se necesitará un agitador de 2 W de potencia y un controlador de pH. (Figura N° 17). Después de ser neutralizado el pH del agua residual, para la eliminación de la dureza y SST pasará el mismo proceso de la situación 1.



**Figura N° 17. Proceso de Neutralización de agua residual de blanqueado**  
Fuente: Propia

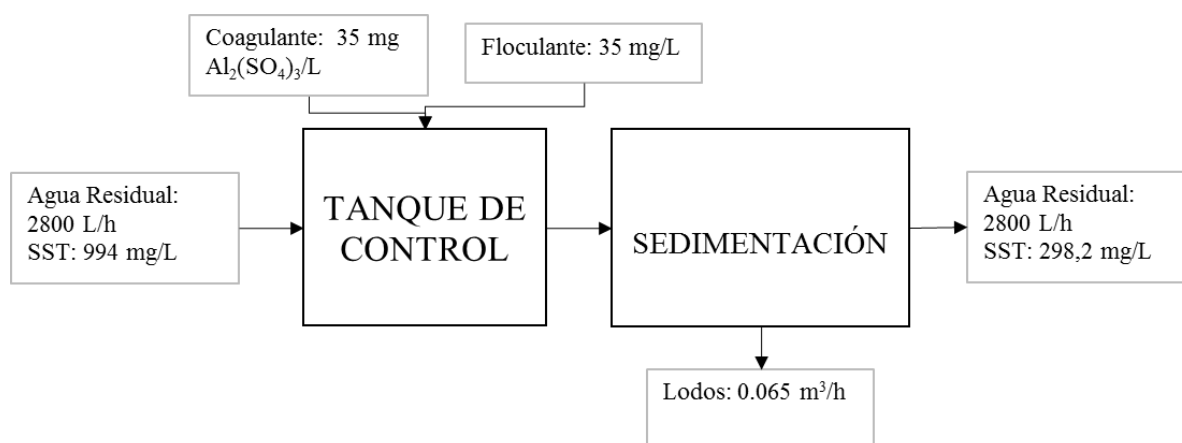
#### 3.3.1. Balance de materia para el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para saber la cantidad de insumos que se necesitan para el tratamiento del agua residual se hizo el balance de materia, teniendo en cuenta las variables que se deben tratar para que el agua pueda reingresar al proceso de teñido. Es decir, para que el

agua se vuelva a reutilizar necesita regresar a una dureza de 12 mg  $\text{CaCO}_3/\text{L}$ , pH 6 – 7 y SST menores a 500 mg/L.

- **Sedimentación:** para disminuir la cantidad de sólidos suspendidos se utilizará la sedimentación como tratamiento primario, para lo cual se utilizará coagulante y floculante para ayudar a la remoción de SST, la efectividad de este proceso unitario es de 70% y su funcionamiento viene dado como lo muestra la figura N° 18. El agua ingresa con 994 mg/L, como la efectividad es del 70%, quiere decir que por hora se eliminarán 695,8 mg/L de SST, multiplicando por el caudal que es de 2 800 litros se obtiene 1,93 kg/h de SST de residuo; por lo tanto, al final del proceso de sedimentación el agua tendrá un valor de 298,2 mg/L de SST.

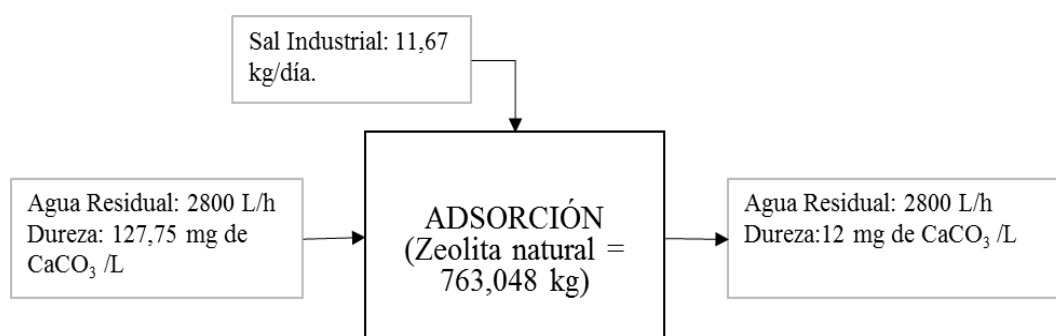
Para determinar la cantidad de coagulante a utilizar se tuvo en cuenta la Turbiedad del agua, que por datos históricos de la empresa es de 54 UNT, para este valor de turbiedad se recomienda aplicar una dosis de coagulante de 35 mg  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3/\text{L}$ . La cantidad total de coagulante por hora que se aplicará en el proceso es de 98 g  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3/\text{h}$  en una solución al 1%, por lo tanto el volumen de coagulante es de 0,108  $\text{m}^3$ . La misma cantidad que se aplica de coagulante se debe aplicar de floculante por lo tanto los valores son los mismos a lo anteriormente calculado.



**Figura N° 18. Diagrama del proceso de sedimentación.**  
Fuente: Propia.

- **Adsorción:** en este proceso se eliminará la dureza con la que ingresa el agua residual, usando la zeolita. El agua residual ingresa al proceso de adsorción con 127,75 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  y se reducirá hasta 12 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  con la finalidad de reutilizar el agua en el proceso de teñido, por lo que se tiene que reducir 115 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  multiplicando por el caudal del agua residual que es 2 800 L/h se obtiene que se eliminará 324 g/h y al día 3 889,23 g. en la Figura N° 19 se muestra el diagrama del proceso de adsorción con zeolita.

Teniendo en cuenta, según la literatura científica, que la zeolita es capaz de remover de 7 000 a 12 000 g de  $\text{CaCO}_3$  por metro cúbico usado de zeolita, se tiene que el volumen de zeolita a utilizar para remover los gramos de dureza al día es de  $0,56 \text{ m}^3$ , pero cabe resaltar que solo el 60 % del volumen es activo; por tanto, se necesitará de  $0,92 \text{ m}^3$  multiplicando por la densidad aparente de la zeolita ( $829,4 \text{ kg/m}^3$ ), se obtiene que se necesita  $763,048 \text{ kg}$  de zeolita para el sistema. Para la regeneración de la zeolita se necesita sal industrial, según la bibliografía, se necesita 3 kg de sal industrial por 1000 g de dureza eliminada, multiplicamos este dato por los  $3\,889,2 \text{ g/día}$  de dureza que se eliminará en el proceso y se obtiene que se usarán  $11,67 \text{ kg}$  de sal industrial por día.

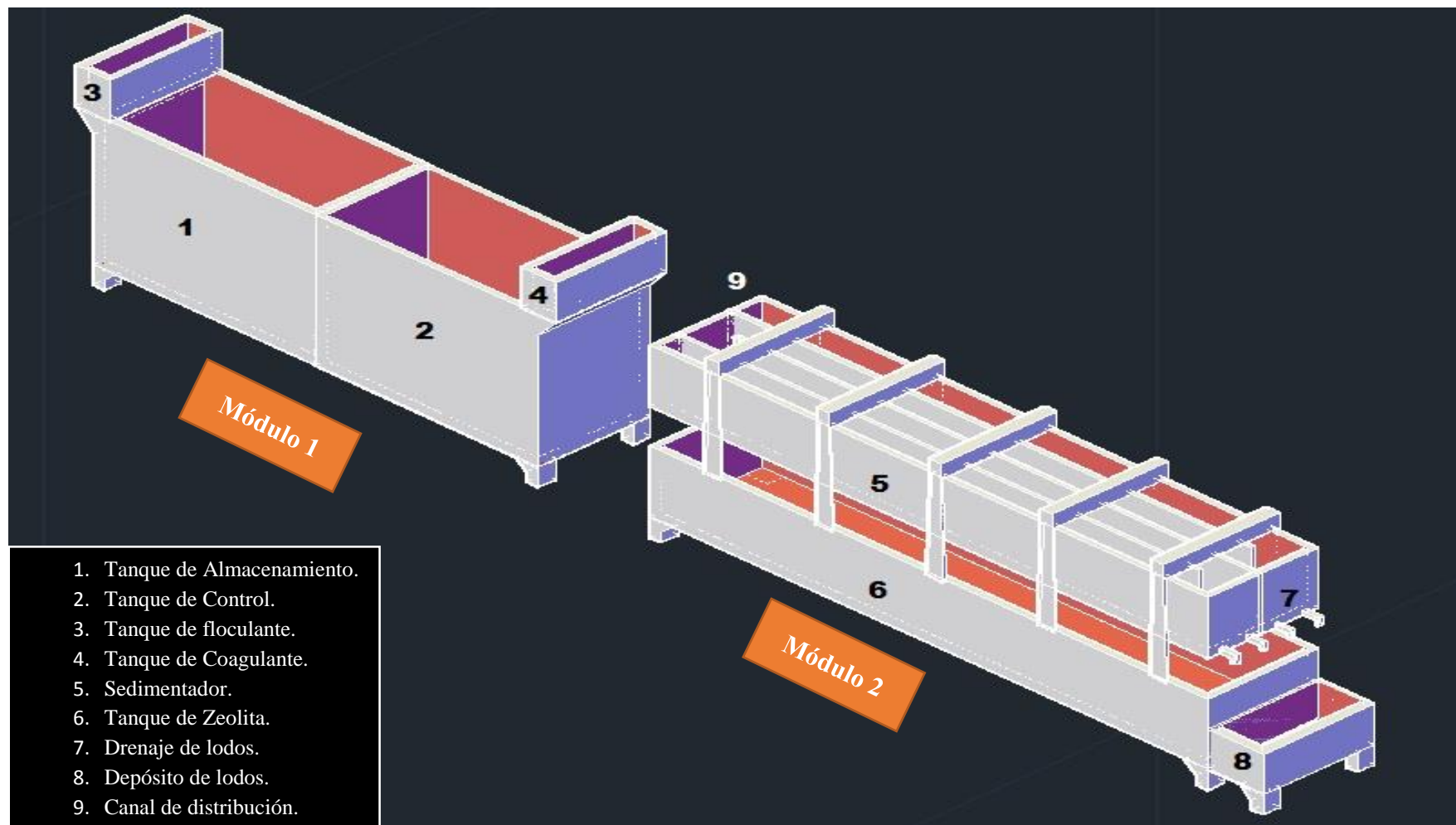


**Figura N° 19. Diagrama del proceso de adsorción con zeolita.**  
Fuente: Propia.

### 3.3.2. Diseño, equipos y materiales del sistema de tratamiento de agua residual de teñido.

El sistema de tratamiento del agua residual de teñido constará de módulos, donde el módulo 1 estará compuesto por un contenedor de coagulante, un contenedor de floculante, un tanque de almacenamiento y un tanque de control; la adición de coagulante y floculante ayudarán a la remoción de sólidos suspendidos totales. El módulo 2 constará de canales de sedimentación, un canal distribución, tanque contenedor de zeolita y un tanque de lodos. Los módulos estarán distribuidos con lo indica la Figura N° 19 y está elaborada bajo la recomendación de la empresa ZEOLITAS E INSUMOS NACIONALES, S.A, las medidas de cada uno de los equipos que conforman los módulos se encuentran en la tabla N° 28 y los planos en los anexos 54 y 55, sumando un área superficial total de  $80 \text{ m}^2$ . La estructura del módulo estará hecho de acero calibre 10 y recubierto de pintura anticorrosiva, para prevenir la corrosión de la estructura.

El agua residual de teñido como el agua procedente del blanqueado será trasladada por una tubería de PVC – U de norma UNE-EN 1329 utilizada para la evacuación de aguas residuales dentro de edificios de alta y baja temperatura, se utilizará una tubería de  $1\frac{1}{2}''$  de diámetro; las conexiones de las tuberías serán del mismo material PVC y del mismo diámetro.



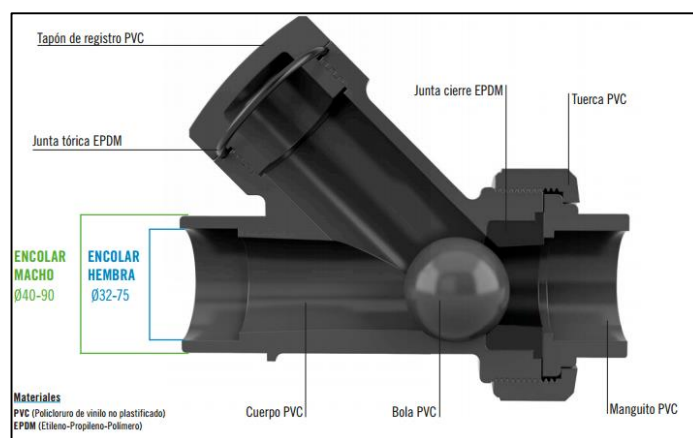
**Figura N° 20. Vista Isométrica de los Módulos del Sistema de tratamiento del agua residual de teñido.**  
Fuente: Propia.

**Tabla N° 28. Dimensiones de los tanques de los módulos 1 y 2.**

Componente	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Tanque de Recepción	2	1	1,5
Tanque de Control	2	1	1,5
Contenedor de Coagulante	0,3	1	0,4
Contenedor de Flocculante	0,3	1	0,4
Sedimentador	5	1	0,6
Contenedor de Zeolitas	5	1	0,7
Tanque de Lodos	0,5	1	0,4

Fuente: Propia.

La empresa ZEOLITAS E INSUMOS NACIONALES, S.A, recomienda para el sistema de necesitarán de siete válvulas anti retorno de bola, modelo BALL, que está diseñada para el control de flujo de agua residuales, este modelo está regido por la normativa UNE-EN 1452 y el material de fabricación es de PVC (Figura N° 20) adicionalmente, se necesitarán dos válvulas de aislamiento de dos vías modelo tipo compuerta usada en el montaje entre tuberías resistentes a la corrosión, ideales para aguas residuales (Figura N° 21). Las válvulas anteriormente mencionadas serán parte del sistema de traslado de aguas residuales al sistema de tratamiento.



**Figura N° 21. Válvula antirretorno tipo bola, modelo BALL**

Fuente: Manual de Válvulas antirretorno – HIDROTEN





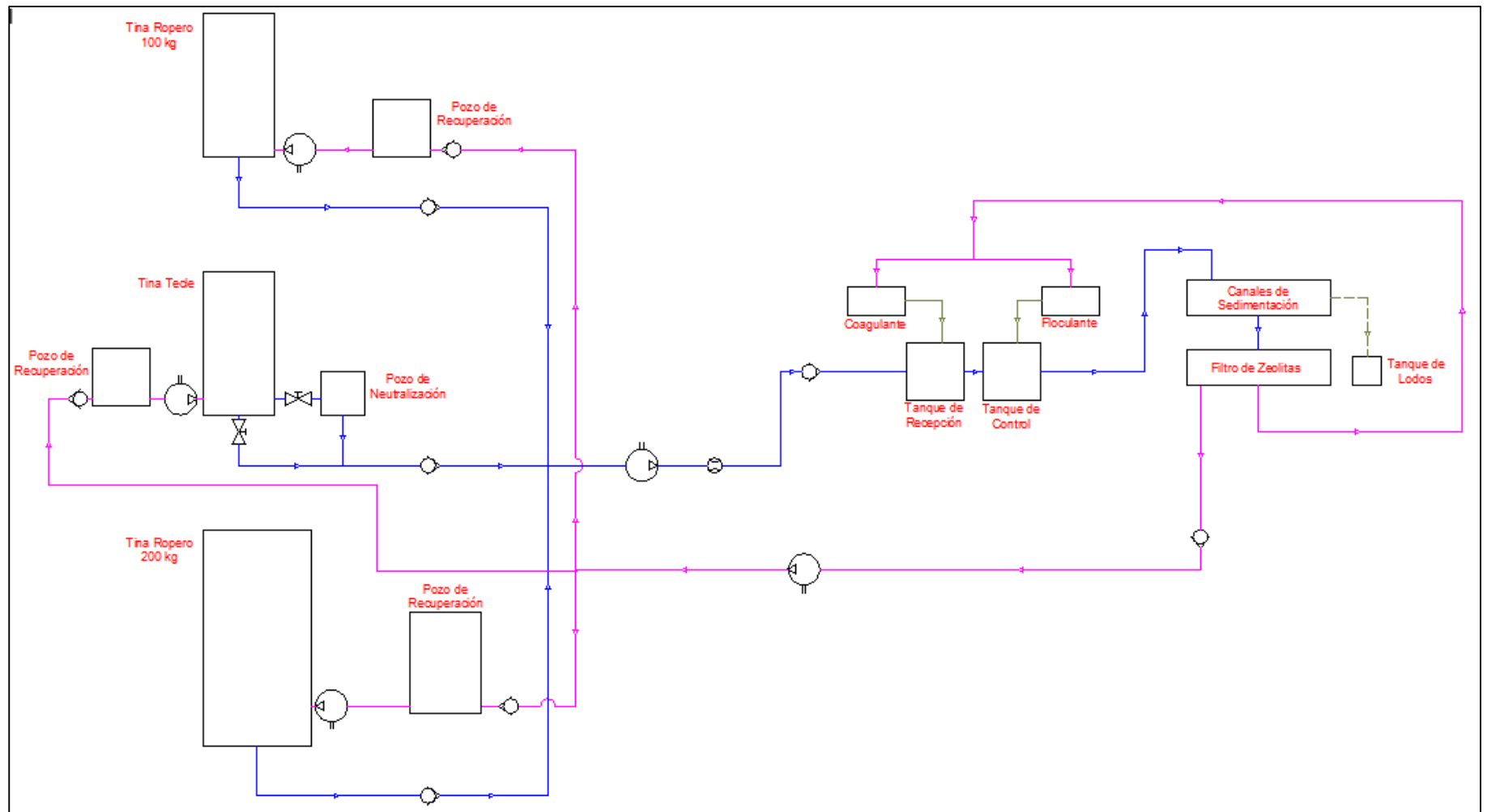
**Figura N° 22. Válvula tipo compuerta usada en el montaje entre tuberías**  
Fuente: Programa de Válvulas 2009 - KSB

Además se recomienda el uso de cuatro bombas sumergibles de 0,3 hp que serán utilizadas en el tanque de recepción, tanque de control, tanque de coagulante y tanque de floculante.



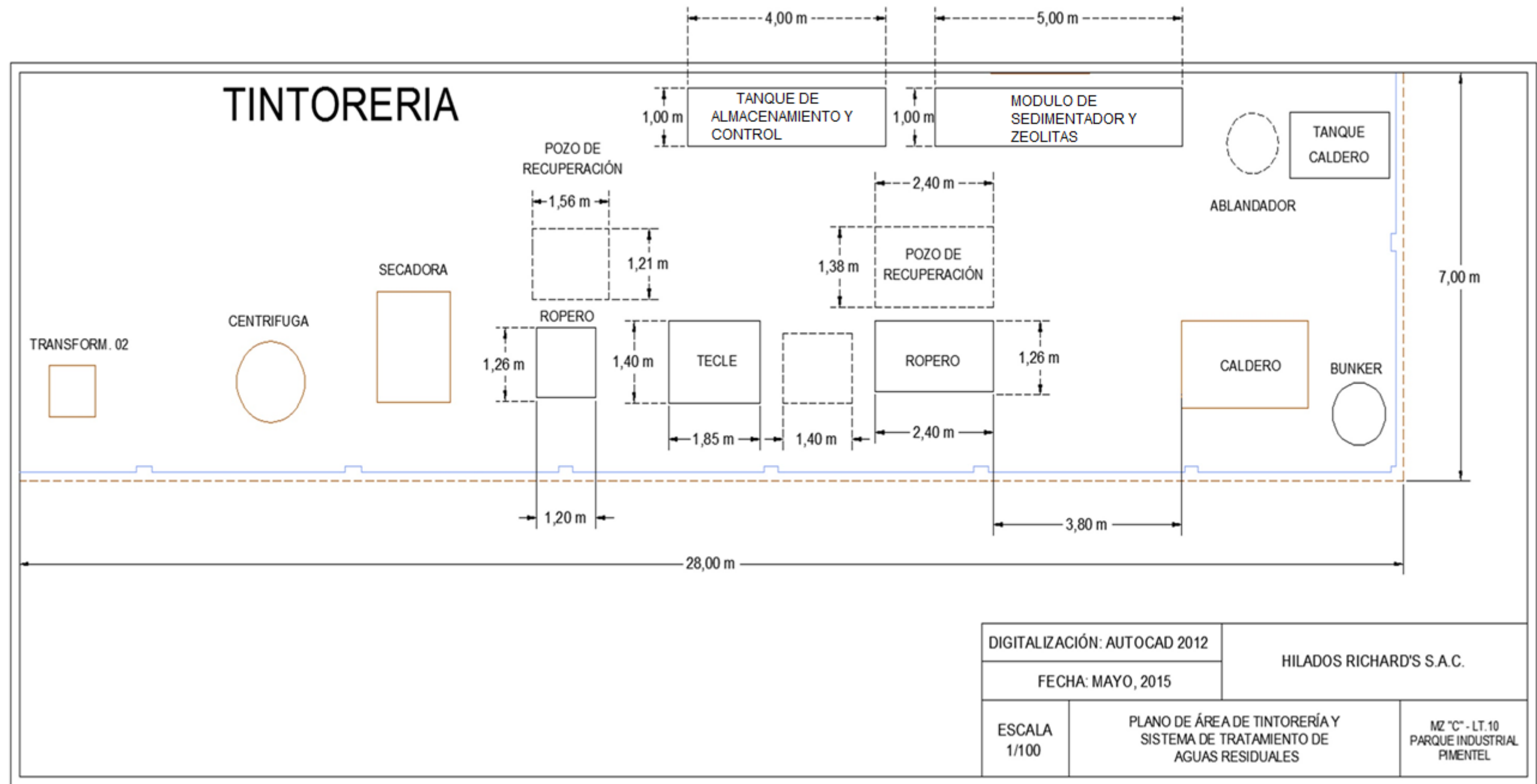
**Figura N° 23. Bomba sumergible de 3 hp para aguas residuales**

Fuente: Manual de bombas hidráulicas – PEDROLLO



**Figura N° 24. Distribución del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido y blanqueado de la empresa Hilados Richard's S.A.C.**

Fuente: Propia



**Figura N° 25. Plano de la distribución del Sistema de tratamiento en el área de Tintorería**  
Fuente: Propia.

### 3.3.3. Cálculo del consumo de energía eléctrica para el sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.

Para el sistema de tratamiento de aguas residuales se emplearán cinco bombas marca PEDROLLO de potencia nominal 0.3 HP. De estas, se adquirirán 4 unidades, debido a que la empresa cuenta actualmente con 3 unidades del mismo tipo con las mismas características.

Con los datos de los equipos se realizan los cálculos respectivos al costo de consumo energía eléctrica.

**Tabla N° 29. Datos de las Bombas**

Datos de las Bombas "Zoeller"	
Intensidad Nominal	1,5 A
Voltaje	220 V
Potencia Nominal	0,3 HP
Cos $\alpha$	0,75

Fuente: Elaboración propia

Para este cálculo se recurrió a medidas de referencia del amperaje y voltaje de la línea eléctrica que abastecerá a dichas bombas. Estas medidas fueron proporcionadas por el personal técnico de la empresa.

**Tabla N° 30. Medición de Bombas**

Medición de Corriente y Voltaje	
Corriente	1,5 A
Voltaje	220 V

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la potencia activa de las bombas, se empleó la siguiente fórmula.

$$P = I \times V \times \sqrt{3} \times \cos(\alpha)$$
$$P = 1,5 \times 220 \times \sqrt{3} \times 0,75 = 428,68 \text{ W} = 0,429 \text{ kW}$$

El sistema de tratamiento trabajará durante 8 horas al día, por lo que el consumo de energía eléctrica de cada bomba será como se muestra a continuación.

$$\text{Consumo Energía Eléctrica} = 0,429 \text{ kW} \times 12 \frac{h}{\text{dia}} = 5,14 \frac{kWh}{\text{día}}$$

### 3.4. Análisis costo – beneficio de la propuesta de tratamiento de Aguas Residuales de teñido para su reutilización.

Los gastos de inversión se han dividido en intangibles y tangibles. Los gastos que se encuentran asociados en el grupo de intangibles son los estudios preliminares que se hicieron para el proyecto y el armado de los módulos, gastos que a un valor de US\$ 830,49 respectivamente. La inversión total que se utilizará para el desarrollo del proyecto asciende US\$ 8129,08, que es la suma de los gastos de inversión intangible y tangible.

**Tabla N° 31. Gastos de Inversión Intangible.**

Investigación y estudios preliminares			
Nombre	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Examen físico – químico	2	96,77	193,55
Pago por armado de módulo	1	636,94	636,94
<b>Total</b>			<b>US\$ 830,49</b>

Fuente: Propia.

Dentro de los gastos tangibles, como lo muestra la tabla N° 32, se encuentran los equipos y materiales que se van a utilizar para el sistema de tratamiento: Bombas sumergibles de 0,33 HP, tablero de control, acero calibre 10 para los módulos, pintura anticorrosiva para proteger de la corrosión al equipo, válvulas y tuberías para instalación.

**Tabla N° 32. Detalle de gastos de inversión Tangible**

PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
BOMBAS SUMERGIBLES 0.33 HP "Pedrollo"	6	Und	79,62	477,71
TABLERO DE CONTROL	1	Und	222,93	222,93
ACERO CALIBRE 10 para modulos	58	(1.055x1.3 m)	111,46	6464,97
PINTURA ANTICORROSIVA	3	Galon	10,19	30,57
Válvulas antirretorno	7	Und	7,60	53,17
válvulas de aislamiento de dos vías	2	Und	8,18	16,37
Tuberías para instalación	8	Und	4,11	32,87
<b>Total</b>				<b>7298,59</b>

Fuente: Propia

El sistema de tratamiento de agua residual, también demandará un costo mensual debido a los insumos que se utilizarán para el funcionamiento del sistema. Como lo muestra la tabla N° 33, en los costos por operaciones se encuentran la zeolita, el floculante y coagulante necesario para la sedimentación, la cal para la neutralización, la sal industrial para la regeneración de la zeolita, la mano de obra involucrada en la manipulación del sistema y el consumo de energía eléctrica. El total de los costos por operación mensuales suma US\$ 579,87.

**Tabla N° 33. Detalle de los costos de operación del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.**

Costos mensuales de operación	COSTO (US\$)
Zeolita (kg)	6.04
Floculante (kg)	22.55
Coagulante (kg)	29.21
Sal industrial (kg)	12.14
Mano de obra (kg)	238.85
Cal (CaO) (kg)	25.92
Costo de energía Eléctrico (kwh)	236.17
<b>TOTAL</b>	<b>570.87</b>

Fuente: Propia.

### 3.4.1. Análisis económico de la Propuesta del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.

Para verificar la viabilidad económica de la propuesta del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido, se realizó un análisis económico para lo cual se tuvo en cuenta los datos de ahorro mensual, los gastos de inversión y costos de operación; así como también se tuvo en cuenta un costo de oportunidad del 15% para poder comparar los beneficios de la implementación de la propuesta. El análisis económico se realizó en base a 3 años, de acuerdo a la proyección de las paradas (Anexo 43) y al consumo de agua que se requiere mensual (Anexo 48 – 54).

En la tabla N° 34, se muestra el estado de resultados que traería la propuesta. Los ingresos de los años 2016, 2017 y 2018 son US\$ 12 655, US\$ 12 873 y US\$ 13 091 respectivamente. Descontando el impuesto a la renta que es del 30%, se obtendrá de utilidad anualmente, para los 3 años proyectados, US\$ 3 457, US\$ 3 609 y US\$ 3 762.

**Tabla N° 34. Tabla del Estado de Resultados de la propuesta del Sistema de Tratamiento de aguas residuales de teñido.**

Estado de resultados				
Año	0	2016	2017	2018
Ingresos		\$ 12 655	\$ 12 873	\$ 13 091
costos operativos		\$ 6 850	\$ 6 850	\$ 6,850
Depreciación activos		\$ 181	\$ 181	\$ 181
GAV		\$ 685	\$ 685	\$ 685
Utilidad antes de impuestos		\$ 4 938	\$ 5 156	\$ 5 374
Impuestos (30%)		\$ 1,481	\$ 1,547	\$ 1,612
Utilidad después de impuestos		\$ 3,457	\$ 3,609	\$ 3,762

Fuente: Propia.

Se elaboró el flujo de caja de la propuesta de tratamiento, como se observa en la tabla N° 35, a la utilidad después de impuestos, se le suma la depreciación anual de

los equipos que se utilizarán al implementarse la propuesta, obteniéndose un flujo neto de efectivo de US\$ 3 638, US\$ 3 791 y US\$ 3 943 para los años siguientes.

**Tabla N°35. Tabla de Flujo de Caja de la Propuesta de tratamiento de aguas residuales de teñido.**

<b>Flujo de caja</b>				
<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
utilidad después de impuestos		US\$ 3 457	US\$ 3 609	US\$ 3 762
más depreciación		US\$ 181	US\$ 181	US\$ 181
inversión	- US\$ 8 129			
<b>Flujo neto de Efectivo</b>	<b>-US\$ 8 129</b>	<b>US\$ 3 638</b>	<b>US\$ 3 791</b>	<b>US\$ 3 943</b>

Fuente: Propia.

En la tabla N° 36 se muestra el cálculo del VAN, TIR y el PIR, comparándolo con un TMAR del 15%. Según lo calculado, el VAN que se obtendría al implementarse la propuesta sería de US\$ 8 622, 69; el TIR es de 18,58% mayor al TMAR y el PIR es de 2,2 años. Con los datos obtenidos, se tiene que es rentable la implementación de la propuesta del sistema de tratamiento.

**Tabla N° 36. Resultados del VAN, TIR y PIR**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>flujo neto de efectivo</b>	<b>-8 129,08</b>	<b>US\$ 3 638</b>	<b>US\$ 3 791</b>	<b>US\$ 3 943</b>
<b>flujo Acumulado</b>	<b>-8 129,08</b>	<b>-4491,09</b>	<b>-700,37</b>	<b>3 243,09</b>
<b>VAN</b>	<b>US\$ 8 622,69</b>	<b>años</b>		
<b>TIR</b>	<b>18,58%</b>			
<b>PRI</b>	<b>2,2</b>			

Fuente: Propia.

Para hallar el costo – beneficio, que se daría al implementarse la propuesta del sistema de tratamiento, se calculó los ingresos y egresos, así como el ahorro en la multa por emisión de aguas residuales fuera de los Límites Máximos Permisibles. La multa por el no cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles es de 2 UIT por tonelada de capacidad. Como se observa en la tabla N° 37, el valor de la UIT es de US\$ 1 226,11 que multiplicado por las 35 toneladas de madejas de lana acrílica, que es la capacidad de la empresa, resulta un total de US\$ 85 828. Sumando el VAN de ingresos más el ahorro por multa y dividiéndolo sobre el VAN de egresos, se tiene que la relación de Costo – Beneficio es de 5,6; tal como se muestra en la Tabla N° 38.

**Tabla N° 37. Cálculo de Ahorro de Multa por no cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles de emisión de aguas residuales.**

Cálculo de Ahorro de Multa			
UIT	Valor UIT (US\$)	Ton de Capacidad	Total (US\$)
2	1 226,11	35	<b>85 828,00</b>

Fuente: Propia.

**Tabla N° 38. Cálculo del Costo – Beneficio de la Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Teñido**

Año	0	1	2	3
Ingresos		<b>US\$ 12 654,83</b>	<b>US\$ 12 873,02</b>	<b>US\$ 13 091,20</b>
Egresos		<b>US\$ 9 016,84</b>	<b>US\$ 9 082,29</b>	<b>US\$ 9 147,75</b>
VAN Ingresos	<b>US\$ 29 345,73</b>			
Ahorro Multa	<b>US\$ 85 828,03</b>			
VAN Egresos	<b>US\$ 20 723,04</b>			
<b>B/C</b>	<b>5,6</b>			

Fuente: Propia

### 3.4.2. Análisis económico - financiera de la Propuesta del Sistema de tratamiento de aguas residuales de teñido.

Asumiendo que la empresa necesita de un crédito financiero, otorgado por una entidad bancaria, se realizó la evaluación económico - financiera. Tomando la TEA de 14% del Banco del Banco Interbank, cifra competitiva del mercado financiero, se ha calculado en un plazo de 3 años la amortización y el interés anual por el crédito que se necesita (tabla N° 39); este crédito representa el 70% de la inversión total de la propuesta, por lo que el 30% de la inversión restante será asumida por la empresa.

**Tabla N° 39. Cálculo de Amortización e Interés anual del crédito**

<b>Financiamiento:</b>	70% inversión			
	TEA	14%	Banco Interbank	
Período	0	1	2	3
Deuda	US\$ 5 690	US\$ 4 036	US\$ 2 150	0
Amortización		US\$ 1 654	US\$ 1 886	US\$ 2 150
Interés		US\$ 797	US\$ 565	US\$ 301
Cuota		US\$ 2 451	US\$ 2 451	US\$ 2 451

Fuente: Propia.

Habiendo calculado la cuota anual del crédito, se volvió a calcular el flujo de caja, tal como lo muestra la tabla N° 40, obteniéndose que la inversión disminuyó a US\$ 2 439 y el flujo neto efectivo para los próximos 3 años es de US\$ 1 426, US\$ 1 509, US\$ 1 583.



**Tabla N° 40. Tabla de Flujo de Caja de la Propuesta de tratamiento de aguas residuales de teñido aumentando la amortización anual.**

Flujo de caja				
Año	0	2016	2017	2018
utilidad después de impuestos		US\$ 2 899	US\$ 3 214	US\$ 3 551
más depreciación		US\$ 181	US\$ 181	US\$ 181
menos amortización		US\$ 1 654	US\$ 1 886	US\$ 2 150
inversión propia	US\$ 2 439			
<b>Flujo neto efectivo</b>	<b>-US\$ 2 439</b>	<b>US\$ 1 426</b>	<b>US\$ 1 509</b>	<b>US\$ 1 583</b>

Fuente: Propia.

Con el nuevo flujo neto efectivo, se calculó el VANF, TIRF y PRI, como se muestra en la tabla N° 41, El VANF es US\$ 3 422 para una inversión inicial de US\$ 2 438,7; el TIRF es de 37,67% mayor al TMAR que es el 15%. PRI es de 1,7 años, lo que quiere decir que en un año y ocho meses, se recuperará la inversión inicial.

**Tabla N° 41. Resultados del VANF, TIRF y PIR**

Año	0	1	2	3
<b>flujo neto de efectivo</b>	<b>-US\$ 2 438,7</b>	<b>US\$ 1 426</b>	<b>US\$ 1 509</b>	<b>US\$ 1 583</b>
<b>flujo Acumulado</b>	<b>-US\$ 2 438,7</b>	<b>-US\$ 1 012,75</b>	<b>US\$ 496,47</b>	<b>US\$ 2 079,20</b>
<b>VANF</b>	<b>US\$ 3 422</b>	<b>años</b>		
<b>TIRF</b>	<b>37,67%</b>			
<b>PRI</b>	<b>1,7</b>			

Fuente: Propia.

Con el financiamiento el valor de Costo – beneficio también varía, resultando una relación de 3,6. El VAN de ingresos es de US\$ 38 619,05; el VAN de egresos es de US\$ 34 101,12.

**Tabla N° 42. Cálculo del Costo – Beneficio de la Propuesta del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de Teñido**

Año	0	1	2	3
Ingresos		US\$ 12 655	US\$ 12 873	US\$ 13,091
Egresos		US\$ 11 229	US\$ 11 364	US\$ 11 508
VAN Ingresos	US\$ 38 619,05			
Ahorro Multa	US\$ 85 828,03			
VAN Egresos	US\$ 34 101,12			
<b>B/C</b>	<b>3,6</b>			

Fuente: Propia.

#### IV. CONCLUSIONES

- La propuesta del Sistema de tratamiento del agua residual de área de teñido, constará de un tratamiento primario: sedimentación, para la eliminación de los residuos sólidos y un tratamiento secundario: adsorción, que disminuya la dureza con la que sale el agua. Con este tratamiento se busca optimizar los parámetros de salida del agua residual, para volver a reutilizarla de 2 a 3 veces dentro del proceso de teñido de madejas de lana acrílica.
- Con la ayuda de un examen físico – químico, se determinó que la empresa Hilados Richard's S.A.C. actualmente, elimina sus aguas residuales con parámetros fuera de los valores permisibles, los cuales son: rangos mayores a 35 °C en la temperatura de salida, SST de 994 mg/l; y en el caso del blanqueado pH de valor ácido. Estos parámetros hacen imposible que se aproveche al máximo el agua residual, puesto que si bien reutilizan un 40% del agua ingresa al proceso, no se les da un tratamiento para que los valores de ingreso al proceso estén dentro de lo que está establecido.
- En la elección del tratamiento, la elaboración de un diagrama de decisiones que abarca las necesidades de la empresa, facilitó el trabajo de elección. Resultando como tratamiento elegido la adsorción por zeolita para reducir la dureza del agua, combinado con un tratamiento primario que disminuye los sólidos suspendidos del agua residual (SST). La zeolita es capaz de disminuir hasta 12 000 g de dureza en el agua residual, usando un 1 m<sup>3</sup> de esta; y la sedimentación, con ayuda del floculante y el coagulante, es capaz de remover el 70% de los sólidos suspendidos en el agua residual de teñido.
- En el diseño de planta se determinó que era necesario usar para el sistema de tratamiento dos módulos que sean capaz de tratar 2 800 litros de agua residual por hora, estos módulos estarán hechos a base de acero inoxidable y protegidos con una pintura anticorrosiva, puesto que estará expuesta con el agua residual. También se determinó que era necesario usar un volumen de 0,92 m<sup>3</sup> de zeolita para tratar el agua y 11,67 kg de sal industrial diariamente para regenerar la zeolita. En el caso del agua que proviene del proceso de blanqueado de madejas de lana, se le hará un pre-tratamiento de neutralización para elevar el pH a un valor de 6 a 7, por lo que se necesitará de 36 kg de cal diariamente.
- El análisis costo – beneficio, probó la rentabilidad de la propuesta del sistema de tratamiento, tomando un valor de 5,6; puesto que además de ahorrar en el consumo de agua limpia para el proceso de teñido, se ahorra la multa que impone el gobierno por el incumplimiento de los parámetros de SST y dureza con los que se evacua el agua residual proveniente del proceso de teñido. El TIR resulta positivo de 18,58% lo que indica que será rentable. El período de retorno de la inversión se ha calculado que será en 2,2 años.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernal, D.; Cardona, D.; Galvis A.; Peña M. 2009. *Guía de Selección de Tecnología para el tratamiento de aguas residuales domesticas por métodos naturales*. Universidad del Valle: 19 – 27. Acceso: 14 de abril del 2014, <http://cinara.univalle.edu.co/archivos/pdf/35.pdf>.

Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. *Las Zeolitas en el tratamiento de aguas*. Acceso: 14 de abril del 2014, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/032752/032752-06.pdf>

Cortazar, Martinez. 2010. *Biotechnología aplicada a la degradación de colorantes de la industria textil*. Universidad y Ciencia: 187 – 199. Acceso: 10 de Noviembre 2013.

Fred W., Bilmeyer Jr. 2004. *Ciencia de los Polímeros*. España: Editorial Reverté.

Gomez Gallo, María E. 2008. Reutilización de las aguas de la planta de tintorería de hilazas en la industria Calcetines Crystal S.A.Reviata Producción + Limpia 3, no. 2: 48–60. Acceso: 15 de octubre 2013, <http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/vol3n2/48-60.pdf>

González, Francisco. *Ecoeficiencia: Propuesta de Diseño para el mejoramiento ambiental*. Mexico: Universidad de Guadalajara, 2013.

Gutiérrez, María; López, Víctor; Riera, Miguel; Vilaseca, Mercedes; Crespi, Martin. 2009. *Tratamiento electroquímico y reutilización de efluentes de tintura*. Revista de Química Textil: 40 - 46. Acceso: 11 de noviembre 2013, <http://upcommons.upc.edu/e-prints/handle/2117/8487>

Jaramillo, Cesar; Taborda, Gonzalo. 2006. *La Fotocatalisis: Aspectos fundamentales para una buena remoción de contaminantes*. Revista Universidad de Caldas: 71 - 88. Acceso: 11 de noviembre 2014, [http://200.21.104.25/udecaldas/downloads/RevistaUC26\(1\\_2\)\\_5.pdf](http://200.21.104.25/udecaldas/downloads/RevistaUC26(1_2)_5.pdf)

Lavado, Fidel Lockuán. *La Industria Textil y su control de calidad*. LibreOffice, 2013.

Lock, Olga. 1997. *Colores Naturales*. Perú: Universidad Católica del Perú.

López, Víctor; Amante, Beatriz. 2009. *Estudio de la viabilidad de la Reutilización de agua y sal en procesos de tintura Textil*. XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Badajoz. Acceso: 10 de noviembre 2013, [http://aeipro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09\\_0914\\_0922.2536.pdf](http://aeipro.com/files/congresos/2009badajoz/ciip09_0914_0922.2536.pdf)

Lujano, Anahí, Gabriela Roa, Ma. Teresa Ramírez, Carlos Barrera. 2009. *Remoción de colorantes de aguas provenientes de industrias textiles usando electrocoagulación*. México: Universidad Autónoma del Estado de México

Ministerio de ambiente, Peru. *EMPRESAS ECOEFICIENTES: EJEMPLO PARA EL PERÚ*. Lima, 10 de Octubre de 2013.

Pascual, José. 2002. *Fundamentos de Colorimetria*. España: Universidad de Valencia

Restrepo, Ana; Arango, Alvaro; Garcés, Luis. 2006. *La electrocoagulación: reto y oportunidades en el tratamiento de aguas*. Revista Producción + Limpia: 58 - 77. Acceso: 02 de abril del 2014, [http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/vol1n2/pl\\_v1n2\\_58-77\\_electrocoagulacion.pdf](http://www.lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf/RevistaLimpia/vol1n2/pl_v1n2_58-77_electrocoagulacion.pdf)

Sans, Ramon. 1990. *Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamientos*. España: Marcombo S.A.C.

Vaca, Mabel; et al. Tratamiento terciario de aguas residuales por filtración e intercambio iónico. México: Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco. Acceso: 20 de abril del 2015, <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01126e14.pdf>.

Valdez, Héctor; Tardón, Rolando; Zaror, Claudio. 2009. *Eliminación de colorantes catiónicos usando Ozono, Zeolita y Ozono/Zeolita*. Revista Chilena de Ingeniería 17: 360 -364. Acceso: 20 de abril del 2014, <http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v17n3/art09.pdf>.

Zanconeta, Andrés; Escalera, Ramiro. 2010. *Desarrollo de un Sistema de Reciclaje de Aguas Residuales Textiles coloreadas mediante la utilización de un Fotoreactor Solar*. Revista de Investigación y Desarrollo 10: 37 - 48. Acceso: 10 de noviembre 2013, <http://www.upb.edu/sites/default/files/5-ID10AZ.pdf>.

## VI. ANEXOS

### Anexo 01: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecle (CÓDIGO T.CHA). Mes de Abril

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
02/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
03/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
04/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
05/04/14	20,00	29,60	57,00	73,70			2 500,00	
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
07/04/14			80,00	102,90			2 500,00	
	20,00	29,60	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
08/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,60	57,00	73,70			1 250,00	1 250,00
09/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
10/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
11/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
12/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
14/04/14			80,00	102,70			2 500,00	
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
15/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
16/04/14	64,00	94,70			6,00	8,40	2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 2: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecle (CÓDIGO T.CHA). Continuación de mes de Abril.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
17/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
21/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
			80,00	102,30			1 250,00	1 250,00
22/04/14			80,00	102,30			2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
							1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
23/04/14	12,00	16,50					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,30			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,40			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	52,00	76,90			20,00	27,60	1 250,00	1 250,00
24/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
25/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
28/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
29/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
30/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
TOTAL	3 688,00	5 465,40	891,00	1 144,70	26,00	36,00	111 250,00	53 750,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 3: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Abril.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
02/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
03/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
04/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
05/04/14	20,00	29,70	57,00	73,70			2 500,00	
	20,00	29,60	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,80	57,00	73,60			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
07/04/14	20,00	29,60	57,00	73,50			2 500,00	
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,60			1 250,00	1 250,00
08/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
09/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 4: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Abril.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
10/04/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			6,00	8,40	2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
11/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
12/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
14/04/14			80,00	102,80			2 500,00	
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
15/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	64,00	94,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,90			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
16/04/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
17/04/14	64,00	94,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
21/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.



**Anexo 5: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Abril.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
22/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					2 500,00	
23/04/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
24/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
25/04/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
28/04/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
29/04/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
			80,00	103,70			1 250,00	1 250,00
30/04/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
TOTAL	6 530,00	9 681,10	902,00	1 162,10	24,00	33,60	157 500,00	105 000,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 6: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Abril.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑ OS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/04/2014	136,00	201,20					5 000,00	
	136,00	201,30					2 500,00	2 500,00
02/04/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
03/04/2014	145,00	214,70					2 500,00	2 500,00
	139,00	205,70			6,00	8,40	2 500,00	2 500,00
04/04/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
05/04/2014	160,00	206,00					2 500,00	2 500,00
07/04/2014	70,00	103,70	80,00	102,80			5 000,00	
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
08/04/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
			160,00	205,70			2 500,00	2 500,00
09/04/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
10/04/2014	140,00	207,50					5 000,00	
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
11/04/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,90					2 500,00	2 500,00
12/04/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
14/04/2014			160,00	205,80			5 000,00	
			160,00	205,70			2 500,00	2 500,00
15/04/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
16/04/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
17/04/2014	70,00	103,90					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
21/04/2014	140,00	207,70					5 000,00	
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
22/04/14	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00

**Anexo 7: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación  
Mes de Abril.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
23/04/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
24/04/2014	140,00	207,70					5 000,00	
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
25/04/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
28/04/2014	140,00	207,70					5 000,00	
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
29/04/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
30/04/2014	70,00	103,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
<b>TOTAL</b>	<b>5 966,00</b>	<b>8 814,10</b>	<b>560,00</b>	<b>720,00</b>	<b>6,00</b>	<b>8,40</b>	<b>135 000,00</b>	<b>100 000,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 08: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Mes de Mayo.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
05/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
06/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
07/05/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
08/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 09: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de  
Mayo.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
09/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
12/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
13/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
14/05/14	70,00	103,90					2 500,00	
	64,00	94,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
15/05/14	70,00	103,60					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
16/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
19/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
20/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
21/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
22/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
23/05/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
24/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 10: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Mayo.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
27/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	20,00	29,70	57,00	73,60			1 250,00	1 250,00
28/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
29/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
30/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
31/05/14	70,00	103,60					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
TOTAL	4 144,00	6 143,30	57,00	73,60	6,00	8,40	101 250,00	48 750,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 11: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Mayo.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
05/05/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
06/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 12: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Mayo.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
07/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
08/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
09/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
10/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
12/05/14	70,00	103,90					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
13/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
14/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 13: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Mayo.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
15/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
16/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
19/05/14	70,00	103,70					2 500,00	
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
20/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
21/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
22/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
23/05/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 14: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Mayo.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
24/05/14	20,00	29,80	57,00	73,90			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,80			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,60	57,00	73,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	103,90			1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	20,00	29,60	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
27/05/14	70,00	103,80					2 500,00	
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	29,40	57,00	73,70			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
28/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,50					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
29/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
30/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
31/05/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
TOTAL	7 858,00	11 652,20	445,00	575,20	12,00	16,60	152 500,00	142 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.



**Anexo 15: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Mayo.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	Agua Limpia (L)	Agua Reutilizada (L)
01/05/2014	70,00	103,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
05/05/2014	140,00	207,60					5 000,00	
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
06/05/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
07/05/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
08/05/2014	140,00	207,40					2 500,00	2 500,00
	70,00	103,70					2 500,00	2 500,00
09/05/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
10/05/2014	140,00	207,80					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
12/05/2014	140,00	207,60					5 000,00	
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
13/05/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
14/05/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
15/05/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
16/05/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
19/05/2014	70,00	103,80	80,00	102,80			5 000,00	
			160,00	204,70			2 500,00	2 500,00
20/05/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
21/05/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	70,00	103,70	80,00	102,70			2 500,00	2 500,00
22/05/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
23/05/14	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,80					2 500,00	2 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 16: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación  
Mes de Mayo.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	Agua limpia (L)	Agua reutilizada (L)
24/05/2014	143,00	212,10					2 500,00	2 500,00
			160,00	205,90			2 500,00	2 500,00
27/05/2014			160,00	205,00			5 000,00	
	40,00	59,20	114,00	147,00			2 500,00	2 500,00
28/05/2014	140,00	207,40					2 500,00	2 500,00
29/05/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,90					2 500,00	2 500,00
30/05/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
31/05/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
<b>TOTAL</b>	<b>5 503,00</b>	<b>8 160,20</b>	<b>754,00</b>	<b>968,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>122 500,00</b>	<b>102 500,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 17: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecle (CÓDIGO T.CHA). Mes de Junio.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
02/06/14	50,00	74,30			20,00	28,10	2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	50,00	74,00			20,00	28,00	1 250,00	1 250,00
03/06/14	70,00	103,50					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
04/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
05/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
06/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
09/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 18: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en la tina tecle (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Junio.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
11/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
12/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
13/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
14/06/14	64,00	94,60			6,00	8,30	2 500,00	0,00
	64,00	94,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
17/06/14	64,00	94,70			6,00	8,30	2 500,00	0,00
	20,00	29,70	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
			73,00	94,10	6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
18/06/14	64,00	94,70			6,00	8,30	2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
19/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
20/06/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
21/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	64,00	94,70			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
23/06/14			80,00	102,90			2 500,00	0,00
24/06/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
25/06/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
26/06/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
27/06/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	64,00	94,70			6,00	8,20	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
28/06/14	20,00	30,00	57,00	73,50			2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
30/06/14			80,00	102,70			2 500,00	0,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
<b>TOTAL</b>	<b>1 064,00</b>	<b>1 577,90</b>	<b>217,00</b>	<b>278,90</b>	<b>6,00</b>	<b>8,20</b>	<b>105 000,00</b>	<b>47 500,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 19: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Junio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
03/06/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
04/06/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
05/06/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
06/06/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
09/06/14	20,00	29,70	57,00	73,60			2 500,00	0,00
	85,00	109,50					1 250,00	1 250,00
	20,00	29,50	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,80	57,00	73,60			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,40			1 250,00	1 250,00
10/06/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
11/06/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
12/06/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 20: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Junio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
13/06/14	64,00	94,80			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,30			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
14/06/14	64,00	94,80			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
			74,00	95,40	6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
			74,00	95,30	6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
			74,00	95,40	6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
17/06/14	20,00	29,80	57,00	73,60			2 500,00	0,00
			74,00	95,30	6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	20,00	29,70	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
			74,00	95,40	6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	18,00	26,80	57,00	73,60			1 250,00	1 250,00
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
18/06/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
19/06/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
20/06/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 21: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Junio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
21/06/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,60			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
	74,00	95,40			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
23/06/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			4,00	5,50	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
24/06/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
25/06/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
26/06/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
27/06/14	64,00	94,70			6,00	8,40	2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
28/06/14			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
			70,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
30/06/14			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
			74,00	95,40	6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
<b>TOTAL</b>	<b>554,00</b>	<b>821,40</b>	<b>784,00</b>	<b>1,020,80</b>	<b>12,00</b>	<b>16,80</b>	<b>150,000,00</b>	<b>132,500,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 22: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Junio.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
02/06/2014	102,00	151,00			38,00	53,20	5 000,00	0,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
03/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
04/06/2014	140,00	207,40					5 000,00	0,00
	140,00	207,40					2 500,00	2 500,00
05/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	122,00	180,50	24,00	30,90	4,00	5,50	2 500,00	2 500,00
06/06/2014	140,00	207,30					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
09/06/14			160,00	206,20			5 000,00	0,00
			160,00	206,20			2 500,00	2 500,00
10/06/2014	140,00	207,30					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,20					2 500,00	2 500,00
11/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
12/06/2014	140,00	207,30					5 000,00	0,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
13/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
14/06/2014	20,00	29,60	138,00	178,00	6,00	8,30	2 500,00	2 500,00
			160,00	206,30			2 500,00	2 500,00
17/06/2014	40,00	59,70	114,00	146,90			5 000,00	0,00
	20,00	29,80	135,00	173,60	6,00	8,40	2 500,00	2 500,00
18/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
19/06/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
20/06/2014	140,00	207,60					5 000,00	0,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
21/06/2014	53,00	78,40	80,00	103,00	20,00	27,80	2 500,00	2 500,00
			160,00	205,20			2 500,00	2 500,00
23/06/14			140,00	205,60			2 500,00	2 500,00
			160,00	205,70			2 500,00	2 500,00
24/06/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 23: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación  
Mes de Junio.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
25/06/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
26/06/2014	128,00	189,40					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
27/06/2014	114,00	168,80					5 000,00	0,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
28/06/2014			160,00	205,60			2 500,00	2 500,00
	64,00	94,70	82,00	105,70	6,00	8,40	2 500,00	2 500,00
30/06/2014			151,00	194,70			5 000,00	0,00
			160,00	205,50			2 500,00	2 500,00
<b>TOTAL</b>	<b>1 479,00</b>	<b>2 192,20</b>	<b>1 093,00</b>	<b>1 431,00</b>	<b>26,00</b>	<b>36,20</b>	<b>140 000,00</b>	<b>95 000,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 24: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecele (CÓDIGO T.CHA). Mes de Julio.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada(L)
01/07/14			80,00	102,80			2 500,00	0,00
	20,00	30,00	57,00	73,80			1 250,00	1 250,00
02/07/14	64,00	95,60			6,00	8,40	2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
03/07/14	64,00	95,40			6,00	8,40	2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
04/07/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	64,00	94,70			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
07/07/14			80,00	102,80			2 500,00	0,00
	20,00	30,00	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
08/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
09/07/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
10/07/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.



**Anexo 25: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de Julio.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
12/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
14/07/14			80,00	102,80			2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
15/07/14			80,00	102,70			2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
16/07/14			74,00	95,40	6,00	8,30	2 500,00	0,00
	20,00	30,00	57,00	73,20			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
17/07/14			74,00	95,40	6,00	8,40	2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
	64,00	95,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
18/07/14			80,00	102,70			2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	73,30			1 250,00	1 250,00
21/07/14			80,00	102,70			2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
22/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
23/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
24/07/14			80,00	102,80			2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
							1 250,00	1 250,00
30/07/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
31/07/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	104,40					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
TOTAL	910,00	1 349,20	320,00	410,90	0,00	0,00	97 500,00	47 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 26: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Julio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/07/14			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,60			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
02/07/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	80,00	118,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	80,00	118,40					1 250,00	1 250,00
03/07/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
04/07/14	70,00	105,00					1 250,00	1 250,00
	66,00	97,60			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
07/07/2014	6,00	8,80	74,00	95,40			2 500,00	0,00
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
08/07/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
09/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 27: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Julio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia	agua reutilizada
10/07/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
12/07/14	64,00	94,80			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	64,00	94,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
14/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
15/07/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	60,00	89,40					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
16/07/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
17/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	64,00	95,70			6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	104,30					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
18/07/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	73,40			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 28: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Julio.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑ OS	PESO KILOS	11/5 B MOÑO S	PESO KILO S	11/5 C MOÑO S	PESO KILO S	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
19/07/14	64,00	95,60			6,00	8,30	1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,00			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			74,00	95,40	6,00	8,40	1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
21/07/14	70,00	104,80					2 500,00	0,00
	70,00	104,30					1 250,00	1 250,00
	70,00	104,10					1 250,00	1 250,00
	70,00	104,50					1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00					1 250,00	1 250,00
22/07/14	70,00	104,50					1 250,00	1 250,00
	70,00	104,60					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	104,00					1 250,00	1 250,00
23/07/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
24/07/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
30/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	105,00					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
31/07/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
TOTAL	1 260,00	1 869,60	0,00	0,00	0,00	0,00	140 000,00	120 000,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 29: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Julio.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/07/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
02/07/2014	140,00	208,80					5 000,00	
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
03/07/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	74,00	109,50					2 500,00	2 500,00
04/07/2014	140,00	208,90					5 000,00	0,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
07/07/2014	74,00	109,50	80,00	102,90			2 500,00	2 500,00
08/07/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					5 000,00	0,00
09/07/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
10/07/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
12/07/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
14/07/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,90					2 500,00	2 500,00
16/07/2014	64,00	95,60	80,00	102,90	6,00	8,40	2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
17/07/2014	140,00	208,00					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
18/07/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	70,00	103,70	80,00	102,80			2 500,00	2 500,00
19/07/2014			160,00	205,70			2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
21/07/2014	70,00	103,90	80,00	102,70			5 000,00	0,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
22/07/14	140,00	207,40					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
23/07/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
24/07/2014	70,00	103,70	80,00	102,90			5 000,00	0,00
	70,00	103,80	80,00	102,80			2 500,00	2 500,00
TOTAL	2 024,00	3 002,20	560,00	719,80	6,00	8,40	117 500,00	77 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 30: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina tecele (CÓDIGO T.CHA). Mes de Agosto.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
02/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
04/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
05/08/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
06/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
07/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
08/08/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
09/08/14			80,00	102,80			2 500,00	0,00
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
10/08/14							2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
12/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
13/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
14/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
15/08/14	70,00	103,60					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 31: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina tecla (CÓDIGO T.CHA). Continuación Mes de  
Agosto.**

TINA DE TECLE (CODIGO TCHA)								
	11/5 D MOÑ OS	PESO KILOS	11/5 B MOÑ OS	PESO KILO S	11/5 C MOÑ OS	PESO KILO S	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
16/08/14	20,00	29,70	57,00	74,30			2 500,00	0,00
	20,00	30,00	57,00	74,60			1 250,00	1 250,00
18/08/14							2 500,00	0,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
19/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
20/08/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
21/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
22/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
23/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	20,00	30,00					1 250,00	1 250,00
25/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
26/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	20,00	29,90	57,00	74,90			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,70			1 250,00	1 250,00
27/08/14	70,00	103,60					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
28/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,60					1 250,00	1 250,00
29/08/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
30/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80						
TOTAL	1 040,00	1 542,60	114,00	149,60	0,00	0,00	120 000,00	55 000,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 32: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Mes de Agosto.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
01/08/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	101,30					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
02/08/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
04/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
05/08/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
07/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
08/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
09/08/14			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	103,00			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.



**Anexo 33: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Agosto.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑ OS	PESO KILO S	11/5 B MOÑO S	PESO KILO S	11/5 C MOÑO S	PESO KILO S	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
10/08/14			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
12/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
13/08/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
14/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
15/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
16/08/14	20,00	29,60	57,00	74,70			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
18/08/14							1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00
			80,00	102,90			1 250,00	1 250,00
							1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
19/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,80			1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 34: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de  
Agosto.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
20/08/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
			80,00	102,70			1 250,00	1 250,00
21/08/14	70,00	103,90					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
22/08/14	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
23/08/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	29,90	57,00	73,50			1 250,00	1 250,00
	20,00	29,80					1 250,00	1 250,00
25/08/14	70,00	103,80					2 500,00	0,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,70			1 250,00	1 250,00
26/08/14	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	30,00	44,70	45,00	58,00			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,60			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,90			1 250,00	1 250,00
	20,00	30,00	57,00	74,80			1 250,00	1 250,00
27/08/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 35: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 100 kg (T.CHB). Continuación Mes de Agosto.**

TINA DE ROPERO 100 KILOS (T.CHB)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
28/07/14	70,00	103,70					2 500,00	0,00
	70,00	103,90					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
29/08/14							1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
30/08/14	70,00	103,80					1 250,00	1 250,00
	70,00	103,70					1 250,00	1 250,00
							1 250,00	1 250,00
	15,00	22,20					1 250,00	1 250,00
TOTAL	1 065,00	1 578,60	0,00	0,00	0,00	0,00	165 000,00	137 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 36: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Mes de Agosto.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia	agua reutilizada
01/08/2014	140,00	207,70					5 000,00	
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	70,00	103,90	43,00	55,40	35,00	49,00	2 500,00	2 500,00
02/08/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
04/08/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
05/08/2014	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,80					2 500,00	2 500,00
06/08/2014	140,00	207,00					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
07/08/14	70,00	103,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00

Fecha: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 37: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de  
teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación  
Mes de Agosto.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑO S	PESO KILO S	11/5 B MOÑO S	PESO KILO S	11/5 C MOÑO S	PESO KILO S	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
08/08/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
09/08/2014	20,00	29,80	141,00	181,20			2 500,00	2 500,00
	20,00	30,00	141,00	181,60			2 500,00	2 500,00
10/08/2014	32,00	47,40					2 500,00	2 500,00
	32,00	47,60					2 500,00	2 500,00
12/08/2014	140,00	207,60					5 000,00	0,00
	83,00	122,80					2 500,00	2 500,00
13/08/2014	86,00	128,10					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
14/08/2014	70,00	103,90	80,00	102,80			5 000,00	0,00
	86,00	128,10					2 500,00	2 500,00
15/08/2014	90,00	134,30	61,00	78,40			2 500,00	2 500,00
	90,00	134,10	61,00	78,60			2 500,00	2 500,00
16/08/2014	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
	70,00	103,90	80,00	102,70			2 500,00	2 500,00
18/08/2014	16,00	23,80	80,00	102,70			5 000,00	0,00
			160,00	205,70			2 500,00	2 500,00
19/08/14	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
20/08/2014	86,00	127,50					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
			160,00	205,50			2 500,00	2 500,00
21/08/2014	140,00	207,70					5 000,00	0,00
	70,00	103,90	80,00	102,80			2 500,00	2 500,00
22/08/2014	80,00	119,20					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,80					2 500,00	2 500,00
23/08/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,70					2 500,00	2 500,00
25/08/2014	140,00	207,50					5 000,00	0,00
	140,00	207,80					2 500,00	2 500,00
26/08/2014	70,00	103,90	80,00	102,70			2 500,00	2 500,00
	140,00	207,50					2 500,00	2 500,00
27/08/2014	78,00	115,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,40					2 500,00	2 500,00

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 38: Consumo detallado de agua limpia y agua reutilizada para el proceso de teñido de lana acrílica en tina ropero de 200 kg (TINA GRANDE). Continuación  
Mes de Agosto.**

TINA DE ROPERO DE 200 KILOS (TINA GRANDE)								
FECHA	11/5 D MOÑOS	PESO KILOS	11/5 B MOÑOS	PESO KILOS	11/5 C MOÑOS	PESO KILOS	agua limpia (L)	agua reutilizada (L)
28/08/2014	140,00	207,50					5 000,00	0,00
	78,00	115,40					2 500,00	2 500,00
29/08/2014	78,00	116,20					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,30					2 500,00	2 500,00
30/08/2014	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
	140,00	207,60					2 500,00	2 500,00
<b>TOTAL</b>	<b>2 134,00</b>	<b>3 165,20</b>	<b>160,00</b>	<b>205,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>162 500,00</b>	<b>117 500,00</b>

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 39: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del  
año 2013.**

MES	altura consumo (cm)	partidas	galones /partidas	cilindros	OBSERVACION
ENERO	676,00	224	6,94	29,08	
FEBRERO	640,00	216	6,81	27,77	
MARZO	658,00	222	6,82	28,55	
ABRIL	705,00	223	7,27	30,59	
MAYO	836,00	273	7,04	36,28	FALLA DE CALDERA
JUNIO	823,00	261	7,25	35,72	
JULIO	891,00	257	7,53	39,00	
AGOSTO	813,00	294	7,36	35,59	
SEPTIEMBRE	908,00	248	7,35	39,75	
OCTUBRE	898,00	292	7,07	38,97	
NOVIEMBRE	827,00	265	7,46	35,89	
DICIEMBRE	756,00	242	7,19	32,81	
<b>TOTAL</b>	<b>9 431,00</b>	<b>3017</b>	<b>7,18</b>	<b>410,00</b>	

<b>cons. De galones</b>	<b>7,19</b>
-------------------------	-------------

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 40: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del año 2014.**

MES	altura consumo (cm)	partidas	galones /partidas	cilindros	OBSERVACION
ENERO	903,00	291	7,14	38,88	
FEBRERO	777,00	263	6,80	33,45	
MARZO	891,00	303	6,76	38,36	
ABRIL	860,00	270	7,33	37,03	
MAYO	869,00	270	7,40	37,42	
JUNIO	876,00	271	7,43	37,72	
JULIO	863,00	245	8,10	37,16	
AGOSTO	985,00	307	7,38	42,41	
SEPTIEMBRE	800,00	268	7,73	34,45	
OCTUBRE	1 021,00	317	7,37	40,16	
NOVIEMBRE	937,00	283	7,62	41,02	
DICIEMBRE	825,00	240	7,91	36,11	
TOTAL	10 607,00	3328	7,41	454,17	
cons. De galones	7,33				

Fuente: Hilados Richard's S.A.C.

**Anexo 41: Detalle de partidas de teñido de lana acrílica y consumo de bunker del año 2015.**

MES	altura consumo (cm)	partidas	galones /partidas	cilindros	OBSERVACION
ENERO	885,00	258	7,89	38,11	
FEBRERO	902,00	277	7,49	38,84	
MARZO	965,00	289	7,68	41,55	
ABRIL	917,00	285	7,40	39,48	
TOTAL	3 669,00	1109	7,61	157,97	
cons. De galones	7.61				

## **Anexo 42: Metodología normalizada para el análisis de Sólidos en aguas Residuales.**

### **Sólidos Totales secados a 103 – 105 °C**

#### **1. Discusión General:**

Principio: se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103 – 105 °C. El aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales. Es posible que en muestras de aguas residuales los resultados no representen el peso real de los sólidos disueltos y suspendidos.

#### **2. Instrumental:**

- a) Placas de evaporación: Placas de 100 ml de capacidad, fabricadas con uno de los materiales siguientes:
  - 1) Porcelana, 90 mm de diámetro.
  - 2) Platino, generalmente satisfactorio para tales fines.
  - 3) Vaso de sílice.
- b) Horno de mufla para operar a  $550 \pm 50$  °C.
- c) Baño de vapor.
- d) Desecador, provisto de un desecante que contiene un indicador colorimétrico de concentración de humedad.
- e) Horno de secado, para operaciones a 103 – 105 °C.
- f) Balanza de análisis, capaz de pesar hasta 0,1 mg.

#### **3. Procedimiento**

- a) Preparación de la placa de evaporación: Si se va a medir sólidos volátiles, incinérse una placa de evaporación limpia a  $550 \pm 50$  °C durante una hora en un horno de mufla. Si solamente se intenta medir sólidos totales, caliéntese la placa limpia a 103 – 105 °C durante una hora. Consérvese la placa en el desecador hasta que se necesite. Pesar inmediatamente antes de usar.
- b) Análisis de la muestra: Elíjase un volumen de muestra que proporcione un residuo entre 2,5 y 200 mg. Transfírase un volumen medido de muestra bien mezclada a la placa pesada previamente y evapórese hasta que se seque en un baño de vapor o un horno de secado. En caso necesario, añádanse a la misma placa, después de la evaporación, nuevas porciones de muestra. Si la evaporación se lleva a cabo en un horno de secado, reducir la temperatura hasta los 2 °C aproximadamente por debajo del punto de ebullición, al fin de evitar salpicaduras. Secar la muestra evaporada al menos durante una hora en un horno a 103 – 105 °C, enfriar la placa en desecador para equilibrar la temperatura y pesar. Repítase el ciclo de secado, enfriado, desecación y pesado hasta obtener un peso constante, o hasta que la pérdida de peso sea menor del 4 por 100 del peso previo o menor de 0,5 mg (escoger la menor de ambas).

#### **4. Cálculo**

$$\text{Mg de sólidos totales/l} = \frac{(A-B) \times 1\,000}{\text{vol. de muestra, ml}}$$

Donde:

A = peso de residuo seco + placa, mg, y

B = peso de la placa, mg.

5. Precisión: se realizaron análisis por duplicado, en un solo laboratorio, de 41 muestras de aguas limpias y residuales, con una desviación estándar de diferencias de 6,0 mg/l.

**Anexo 43: Pronóstico de las partidas de teñido de lana acrílica en el 2016, según el método de variación estacional.**

1. Descripción del método: El modelo de variación estacional, estacionaria o cíclica permite hallar el valor esperado o pronóstico cuándo existen fluctuaciones (movimientos ascendentes y descendentes de la variable) periódicas de la serie de tiempo, esto generalmente como resultante de la influencia de fenómenos de naturaleza económica. Estos ciclos corresponden a los movimientos en una serie de tiempo, que ocurren año tras año en los mismos meses o períodos del año y relativamente con la misma intensidad.

El modelo de variación estacional es un modelo óptimo para patrones de demanda sin tendencia y que presenten un comportamiento cíclico, en el caso de la empresa Hilados Richard's la demanda, por lo tanto las partidas, presentan crecimientos en algunos meses y en otros cantidades más bajas.

2. Fórmula del modelo de variación estacional o cíclica.

$$\hat{X}_t = I * \bar{X}_g$$

$\hat{X}_t$  = Pronóstico del período t.

$I$  = Índice o Factor de estacionalidad.

$\bar{X}_g$  = Media o promedio general de las ventas.

Donde:

$$I = \frac{\bar{X}_i}{\bar{X}_g}$$

$\bar{X}_i$  = Media o promedio de las ventas del período i



3. Aplicación de del modelo de variación estacional o cíclica con data histórica de partidas del año 2012, 2013, 2014 y 2015.

Pronóstico de partidas del 2016 -2018. Mayo – Diciembre

MODELO DE VARIACIÓN ESTACIONAL O CÍCLICA									
Periodo (Mes)	Datos Históricos				Promedio de las paradas del periodo	Factor de Estacionalidad	Pronostico del Año	Pronostico del Año	Pronostico del Año
	Año	Año	Año	Año			2016	2017	2018
	2012	2013	2014	2015			Paradas	Paradas	Paradas
	Paradas	Paradas	Paradas	Paradas			Paradas	Paradas	Paradas
1	268	274	291	258	272.75	1.01	292	297	302
2	254	246	263	277	260.00	0.96	278	283	288
3	270	282	303	289	286.00	1.06	306	311	317
4	253	243	270	296	265.50	0.98	284	289	294
5	265	273	270	271	269.75	1.00	289	294	299
6	259	261	271		263.67	0.97	282	287	292
7	232	257	245		244.67	0.90	262	266	271
8	281	294	307		294.00	1.09	315	320	326
9	247	284	268		266.33	0.98	285	290	295
10	297	292	317		302.00	1.11	323	329	334
11	266	265	283		271.33	1.00	291	296	301
12	230	242	240		237.33	0.88	254	258	263
<b>Total Ventas/Año</b>	3122	3213	3328	1391					
<b>Promedio de Ventas</b>	260.17	267.75	277.33	278.20					
		<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>					
<b>PARADAS ANUALES PREVISTAS</b>		<b>3480</b>	<b>3540</b>	<b>3600</b>					

Fuente: Propia



Gráfico de la proyección de paradas de teñido del 2016 -2018. Enero – Junio

Fuente: Propia.

**Anexo 44: Boleta de pago por Exámenes Físico – químicos en el Laboratorio de la  
Universidad Agraria de La Molina.**

PARA MAYOR INFORMACION:  
BANCA POR TELEFONO: (01)311-9898  
BANCA POR INTERNET VIABCP [WWW.VIABCP.COM](http://WWW.VIABCP.COM)

AGENTE BCP  
LOCUTORIO LORENA  
FECHA: 31/07/14 HORA: 18:41:53 H977081  
NO.OPE: 830260

-----DEPOSITO-----  
A CTA.CORRIENTE S/. NRO: 1910031059026  
NOMBRE: FUNDACION PARA EL DESARROLLO A  
MONTO RECIBIDO: S/. 399,00  
-----

**Anexo 45. Formato de la Matriz de análisis cualitativo de las características de las alternativas de tratamientos.**

Características de las alternativas de tratamiento	Opciones de tecnología para el tratamiento del agua residual					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6
<b>Remoción de Sólidos Totales</b>						
<b>Remoción de DBO5</b>						
<b>Dureza</b>						
<b>Calidad del efluente para reutilización</b>						
<b>Generación de residuos</b>						
<b>Requerimiento de energía y equipos</b>						
<b>Requerimiento de área</b>						

Nota: Las opciones de evaluación son A: Alto M: Medio y B: Bajo

Fuente: Propia.

**Anexo 46. Formato de Selección de Tecnología en función de la disponibilidad de espacio en la empresa.**

Área necesaria (m <sup>2</sup> )	Tecnología de tratamiento
<54,12	
>54,12	

Nota: Se descartara la tecnología comparando con el espacio total del área de tintorería (54,12 m<sup>2</sup>)

Fuente: Propia.

**Anexo 47. Formato de Selección de Tecnología de tratamiento en función de la temperatura del agua residual a la salida del proceso.**

Rango de Temperatura (°C)	Tecnologías de tratamiento
<34°C	
>34°C	

Fuente: Propia.

**Anexo 48. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2016**

Año 2016				
Mes	Consumo de agua Total (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	730,05	438,03	4 450,40	1 435,61
febrero	695,93	417,56	4 242,36	1 368,50
marzo	765,52	459,31	4 666,60	1 505,35
abril	710,65	426,39	4 332,10	1 397,45
mayo	722,02	433,21	4 401,45	1 419,82
junio	705,74	423,44	4 302,19	1 387,80
julio	654,88	392,93	3 992,17	1 287,80
agosto	786,93	472,16	4 797,13	1 547,46
septiembre	712,88	427,73	4 345,70	1 401,84
octubre	808,34	485,01	4 927,66	1 589,57
noviembre	726,26	435,76	4 427,28	1 428,16
diciembre	635,25	381,15	3 872,51	1 249,20

Fuente: Propia

**Anexo 49. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2016**

Año 2016				
Mes	Consumo Total de agua (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	730,05	112,32	1 141,13	368,11
febrero	695,93	107,07	1 087,78	350,90
marzo	765,52	117,77	1 196,56	385,99
abril	710,65	109,33	1 110,80	358,32
mayo	722,02	111,08	1 128,58	364,06
junio	705,74	108,58	1 103,12	355,85
julio	654,88	100,75	1 023,63	330,20
agosto	786,93	121,07	1 230,03	396,78
septiembre	712,88	109,67	1 114,28	359,45
octubre	808,34	124,36	1 263,50	407,58
noviembre	726,26	111,73	1 135,20	366,19
diciembre	635,25	97,73	992,95	320,31

Fuente: Propia.

**Anexo 50. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2017**

Año 2017				
Mes	Consumo de agua Total (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	742,64	445,58	4 527,13	1 460,36
febrero	707,92	424,75	4 315,50	1 392,10
marzo	778,72	467,23	4 747,05	1 531,31
abril	722,90	433,74	4 406,79	1 421,55
mayo	734,47	440,68	4 477,33	1 444,30
junio	717,91	430,74	4 376,36	1 411,73
julio	666,17	399,70	4 061,00	1 310,00
agosto	800,50	480,30	4 879,84	1 574,14
septiembre	725,17	435,10	4 420,62	1 426,01
octubre	822,28	493,37	5 012,62	1 616,98
noviembre	738,78	443,27	4 503,61	1 452,78
diciembre	646,21	387,72	3 939,28	1 270,74

Fuente: Propia.

**Anexo 51. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2017**

Año 2017				
Mes	Consumo Total de agua (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	742,64	114,25	1 160,80	374,45
febrero	707,92	108,91	1 106,54	356,95
marzo	778,72	119,80	1 217,19	392,64
abril	722,90	111,22	1 129,95	364,50
mayo	734,47	113,00	1 148,03	370,33
junio	717,91	110,45	1 122,14	361,98
julio	666,17	102,49	1 041,28	335,90
agosto	800,50	123,15	1 251,24	403,63
septiembre	725,17	111,56	1 133,49	365,64
octubre	822,28	126,50	1 285,29	414,61
noviembre	738,78	113,66	1 154,77	372,51
diciembre	646,21	99,42	1 010,07	325,83

Fuente: Propia.

**Anexo 52. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, sin aplicar tratamiento a las aguas residuales. Año 2018**

Año 2018				
Mes	Consumo de agua Total (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	755,23	453,14	4 603,86	1 485,12
febrero	719,92	431,95	4 388,65	1 415,69
marzo	791,91	475,15	4 827,51	1 557,26
abril	735,15	441,09	4 481,48	1 445,64
mayo	746,92	448,15	4 553,22	1 468,78
junio	730,08	438,05	4 450,54	1 435,66
julio	677,47	406,48	4 129,83	1 332,20
agosto	814,07	488,44	4 962,55	1 600,82
septiembre	737,46	442,48	4 495,55	1 450,18
octubre	836,22	501,73	5 097,58	1 644,38
noviembre	751,30	450,78	4 579,95	1 477,40
diciembre	657,16	394,30	4 006,05	1 292,27

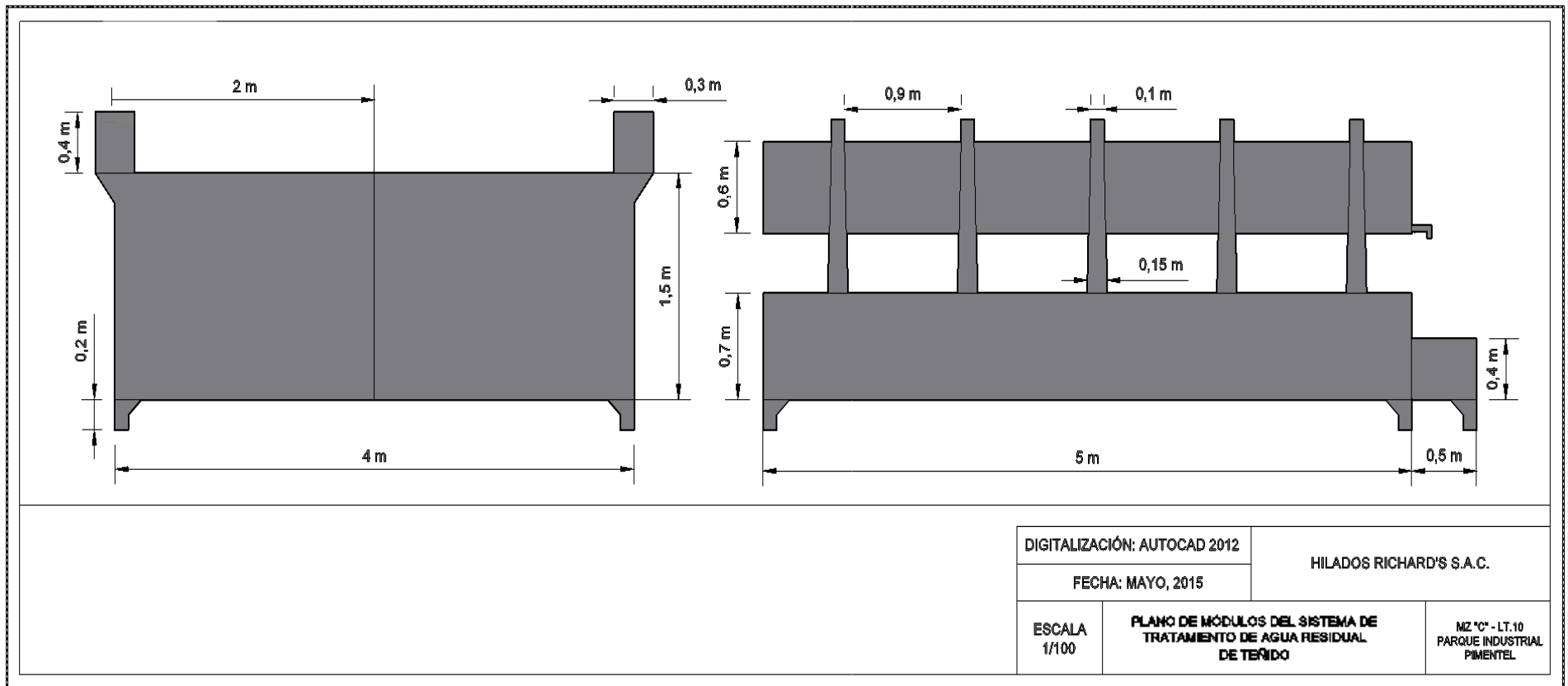
Fuente: Propia.

**Anexo 53. Consumo y costo del agua para el proceso de teñido, aplicando tratamiento a las aguas residuales. Año 2018**

Año 2018				
Mes	Consumo Total de agua (m <sup>3</sup> )	Consumo de Agua Limpia (m <sup>3</sup> )	Costo (S/.)	Costo (US\$)
enero	755,23	116,19	1 180,48	380,80
febrero	719,92	110,76	1 125,29	363,00
marzo	791,91	121,83	1 237,82	399,30
abril	735,15	113,10	1 149,10	370,68
mayo	746,92	114,91	1 167,49	376,61
junio	730,08	112,32	1 141,16	368,12
julio	677,47	104,23	1 058,93	341,59
agosto	814,07	125,24	1 272,45	410,47
septiembre	737,46	113,46	1 152,71	371,84
octubre	836,22	128,65	1 307,07	421,64
noviembre	751,30	115,59	1 174,35	378,82
diciembre	657,16	101,10	1 027,19	331,35

Fuente: Propia.

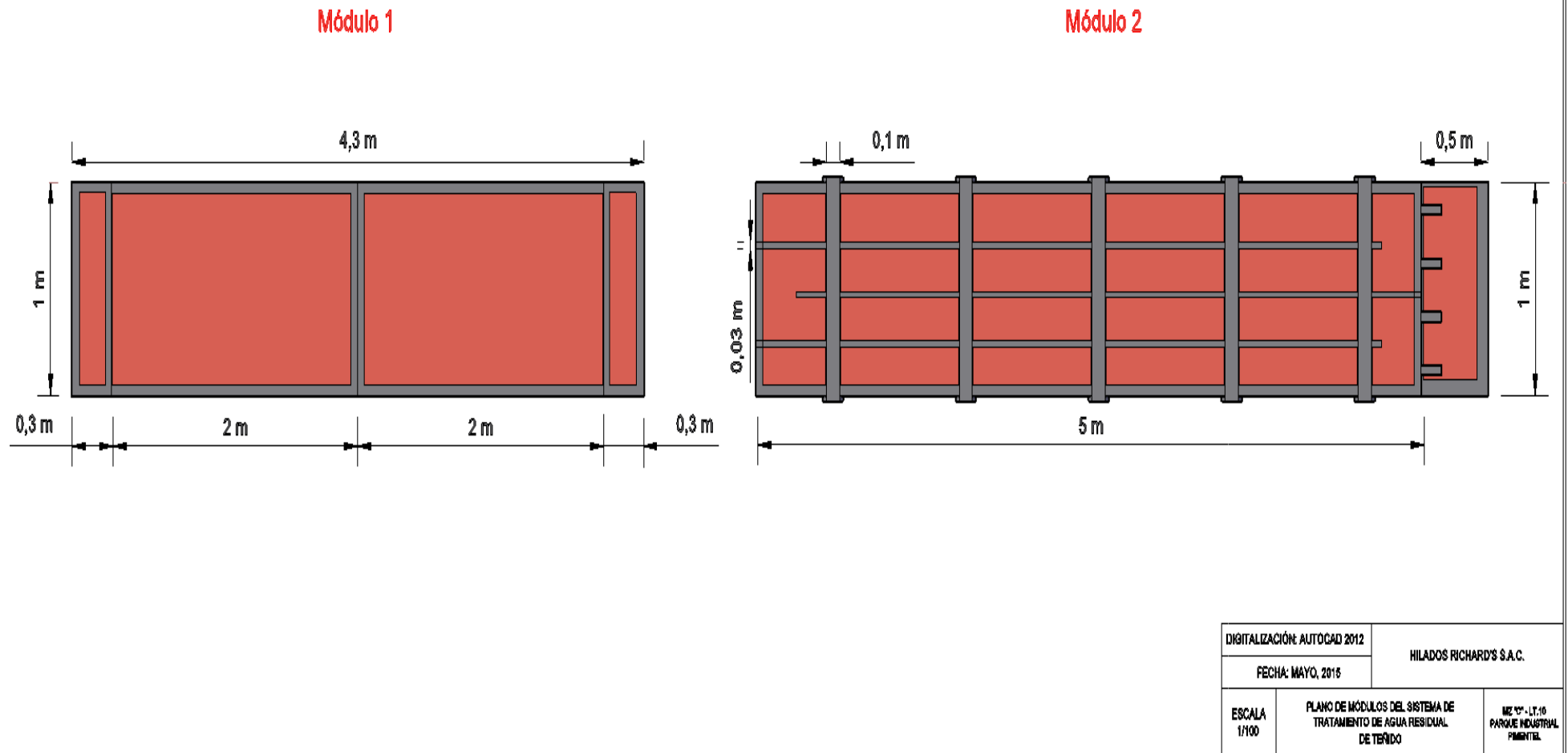
**Anexo 54. Vista Frontal del Plano de los Módulos del Sistema de Tratamiento del Agua Residual de Teñido.**



Fuente: Propia.



**Anexo 55. Vista Superior del Plano de los Módulos del Sistema de Tratamiento del Agua Residual de Teñido.**



Fuente: Propia.

## **Anexo 56. Cálculo de áreas de las opciones de Sistemas de Tratamientos para el agua residual de teñido.**

### **Opción 1. Fotocatálisis**

**Datos de investigación (Garcés y Peñuela. 2007):** en la investigación se usa un colector solar compuesto por 3 módulos con tubos de vidrio.

- Volumen de agua tratada: 32,57 L
- Módulos: 3
- Dimensiones de módulo: 4,8 x 8 x 150 cm
- Área de módulo: 0,57 m<sup>2</sup>.
- Volumen de agua por módulo: 10,88 L
- Volumen de agua a tratar en la empresa diariamente: 33,65 m<sup>3</sup>.

#### **Cálculo de módulos necesarios y área total del tratamiento:**

$$\begin{aligned} 1 \text{ módulo} &\rightarrow 10,88 \text{ L} \\ x \text{ módulos} &\rightarrow 33\,650 \text{ L} \\ x &= \frac{33\,650}{10,88} \\ x &= 3\,093 \text{ módulos} \end{aligned}$$

La cantidad de módulos necesarios para tratar el agua residual es de 3 093 módulos.

$$\begin{aligned} 1 \text{ módulo} &\rightarrow 0,57 \text{ m}^2 \\ 3\,093 \text{ módulos} &\rightarrow \text{área total} \\ \text{área total} &= 3\,093 * 0,57 \text{ m}^2 \\ \text{área total} &= 1\,763,01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

El área total requerida para este sistema con un volumen de 33,65 m<sup>3</sup>/día es de 1 763,01 m<sup>2</sup>.

### **Opción 3. Tratamiento Electroquímico.**

**Datos de investigación (Morales y Acosta. 2010):**

- Volumen de agua tratada: 10 L
- Placas: 3
- Dimensiones de placas: 9,91 x 3,721 3 cm x 3mm
- Dimensiones de sistema: 30 x 24 x 20 cm
- Área superficial: 720 cm<sup>2</sup>.
- Volumen de agua a tratar en la empresa diariamente: 2 800 L/h.

#### **Cálculo de área necesaria para el sistema.**

$$\begin{aligned} 720 \text{ cm}^2 &\rightarrow 10 \text{ L} \\ \text{área total} &\rightarrow 2\,800 \text{ L} \\ \text{área total} &= \frac{2\,800 * 720}{10} \\ \text{área total} &= 20,16 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Para tratar 2 800 L/h mediante el Tratamiento electroquímico se necesita tener disponible un área de 20,16 m<sup>2</sup>.

#### Opción 4. Ozonificación.

Datos de investigación (Valdes, Tarzon y Zaror. 2009):

- Volumen de agua tratada: 0,5 L
- Tanque de tratamiento: 1
- Volumen de tanque: 0,001 m<sup>3</sup>
- Volumen de agua a tratar en la empresa diariamente: 2 800 L/h.
- Tanque de almacenamiento: 1
- Medidas de tanque de almacenamiento: r = 0,798 m; h = 1,5 m

#### Cálculo de volumen de tanque de tratamiento

$$\begin{aligned}0,5 \text{ L} &\rightarrow 0,001 \text{ m}^3 \\2\,800 \text{ L} &\rightarrow V. t. trat. \\V. t. trat. &= \frac{2\,800 * 0.001}{0.5} \\v. t. trat. &= 5,6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Para el sistema de ozonificación se necesita un tanque de 5,6 m<sup>3</sup>, donde pasara el agua para ser tratada.

#### Cálculo de área total para el tratamiento.

##### Área de tanque de almacenamiento:

Dimensiones → r = 0,798 m; h = 1,5 m

$$\begin{aligned}A. t. alm. &= \pi r^2 \\A. t. alm. &= \pi 0,798^2 \\A. t. alm. &= 2 \text{ m}^2\end{aligned}$$

##### Área de tanque de tratamiento:

Dimensiones → r = 1,128 m; h = 1,5 m

$$\begin{aligned}A. t. trat. &= \pi r^2 \\A. t. trat. &= \pi 1,128^2 \\A. t. trat. &= 4 \text{ m}^2\end{aligned}$$

**Área total de sistema de ozonificación:**  $2 \text{ m}^2 + 4 \text{ m}^2 = 6 \text{ m}^2$

Para tratar 2 800 L mediante el tratamiento de ozonificación se necesita un área total de 6 m<sup>2</sup>